

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**AVALIAÇÃO DE SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO EM  
POEDEIRAS COMERCIAIS**

**Vanessa Kodaira**

Médica veterinária

**2015  
ILHA SOLTEIRA**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**AVALIAÇÃO DE SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO EM  
POEDEIRAS COMERCIAIS**

**Vanessa Kodaira**

**Orientador: Prof. Dr. Danilo Florentino Pereira**

**Co-orientadora: Profa. Dra. Leda Gobbo de Freitas Bueno**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia – Unesp, Câmpus de Ilha Solteira, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Animal.

**2015**

**ILHA SOLTEIRA**

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

K76a Kodaira, Vanessa.  
Avaliação de sistema de climatização em poedeiras comerciais / Vanessa  
Kodaira. – Ilha Solteira: [s.n.], 2015  
97 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de  
Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Ciência e Tecnologia  
Animal, 2015

Orientador: Danilo Florentino Pereira  
Co-orientador: Leda Gobbo de Freitas Bueno  
Inclui bibliografia

1. Ambiência. 2. Análise econômica. 3. Bem-estar. 4. Consumo de energia  
elétrica. 5. Imagem termográfica. 6. Zootecnia de precisão.



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO:** AVALIAÇÃO DE SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO EM POEDEIRAS COMERCIAIS


**AUTORA:** VANESSA KODAIRA

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. DANILO FLORENTINO PEREIRA

**CO-ORIENTADORA:** Profa. Dra. LEDA GOBBO DE FREITAS BUENO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia Animal, Área: PRODUÇÃO ANIMAL, pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. DANILO FLORENTINO PEREIRA  
Coordenadoria Executiva / Unidade de Tupã

  
Profa. Dra. Priscilla Ayloon Bustos Mac Lean  
Departamento de Engenharia de Biosistemas / Unidade de Tupã

  
Profa. Dra. IRENILZA DE ALÊNCAR NAVES  
Departamento de Construções Rurais e Ambiente / Universidade Estadual de Campinas

Data da realização: 20 de fevereiro de 2015.

Aos meus pais,  
meus exemplos de vida.  
Aos meus sobrinhos,  
minha alegria e motivação  
para seguir novos horizontes.  
A eles, dedico o meu trabalho.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por iluminar o meu caminho e permitir a conclusão de mais uma etapa importante em minha vida.

Aos meus pais, Shintaro e Therezinha, pelo amor e dedicação, educação e exemplo que me deram para que eu chegasse até aqui.

Ao Prof. Danilo, a quem chamo com muito orgulho de Orientador, pelos ensinamentos, confiança e oportunidade de desenvolver este projeto.

À Profa. Leda, pelas orientações e ensinamentos.

A todos os amigos e amigas que me acompanharam nessa jornada torcendo por mim e que, de alguma forma, contribuíram para o meu crescimento pessoal, acadêmico e profissional.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação, pela acolhida e pelas colaborações valiosas para o desenvolvimento do projeto.

Aos professores membros da banca examinadora da defesa e da qualificação, Profa. Irenilza de Alencar Nääs, Profa. Priscilla Ayleen Bustus Mac Lean e Prof. Antonio Carlos de Laurentiz pelas valiosas contribuições.

À Granja Yoshikawa, por permitir a realização do experimento em suas instalações.

À Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento de Bastos por realizar todas as análises referentes à pesquisa.

À FAPESP, pelo auxílio financeiro à pesquisa.

E por fim, à Dra. Nilce Maria Soares, por quem tenho enorme admiração! Faltam-me palavras para expressar toda a gratidão por seu apoio, ensinamentos e amizade. Sempre acreditando na minha capacidade e conduzindo-me a novos desafios!

Muitíssimo Obrigada!

“Só os que se arriscam a ir longe demais  
são capazes de descobrir  
o quão longe se pode ir.”

Thomas S. Eliot

## **AVALIAÇÃO DE SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO EM POEDEIRAS COMERCIAIS**

**RESUMO** - O bem-estar animal é um dos temas mais discutidos na cadeia produtiva animal e, no que diz respeito à avicultura, muitas críticas estão voltadas para as práticas envolvidas na produção de ovos comerciais. A maioria das grandes empresas avícolas produtoras de ovos caminha para a automação completa de aviários, mas poucas oferecem às aves um ambiente adequado para que elas possam expressar sua máxima produtividade. Objetivou-se comparar a viabilidade de um aviário automatizado e climatizado para poedeiras e de um não climatizado, em uma granja produtora de ovos localizada no município de Bastos-SP. Temperatura de bulbo seco, umidade relativa e temperatura de globo negro foram registradas durante um ano, a cada 30 minutos, para a determinação do índice de conforto térmico. Mortalidade das aves, produção de ovos e consumo de ração foram registrados diariamente. As variáveis da qualidade de ovos foram registradas, analisando-se 90 ovos de cada galpão, a cada 28 dias. Os cálculos de custos de ração, depreciação de equipamentos, mão-de-obra e consumo de energia elétrica foram utilizados para análise da lucratividade dos dois galpões em estudo. Paralelamente, analisou-se a temperatura superficial de cristas e áreas empenadas das aves em diversos pontos de ambos os galpões, através de imagens termográficas e parâmetros hematológicos e bioquímicos foram analisados e posteriormente correlacionados ao índice de conforto térmico, com o intuito de monitorar o estresse térmico das aves, coletando-se sangue de 15 aves de ambos os galpões a cada 28 dias. Os resultados mostram que o sistema climatizado foi eficaz, proporcionando a redução da temperatura e um ambiente térmico mais adequado à criação de aves com maior índice de ovos por ave alojada, maior peso de ovo durante todo o período da pesquisa e melhor qualidade externa dos ovos no período do verão. Quando não há falhas no fornecimento de energia elétrica, o sistema de climatização apresenta melhor viabilidade econômica, proporcionando maior retorno financeiro em comparação ao galpão não climatizado.

**Palavras-chave:** Ambiência. Análise econômica. Bem-estar. Consumo de energia elétrica. Imagem termográfica. Zootecnia de precisão.

## EVALUATION OF THE ACCLIMATED SYSTEM IN COMMERCIAL LAYING HENS

**ABSTRACT** - The animal welfare is one of the most discussed topics in the animal production chain and, with respect to poultry, many critics are aimed at the practices involved in the production of commercial eggs. Most of the large poultry companies producing eggs are opting for complete automation of their aviaries, but few of them offer the birds a suitable environment so that they can express their maximum productivity. The aim of this study was to compare the feasibility of an automated and acclimated and a non-acclimated aviary for laying hens in a poultry farm located in Bastos, SP. Dry bulb temperature, relative humidity and black globe temperature were recorded every 30 minutes, for one year, to determine the index of thermal comfort. Mortality of the birds, egg production and feed consumption were recorded daily. The variable of egg quality were recorded, analyzing 90 eggs from each shed, every 28 days. The calculations of feed costs, depreciation of equipment, labor and consumption of electrical power were used for the analysis of the profitability of the two sheds in study. At the same time, the surface temperature of the crests and feathered areas of the birds in various points of both sheds were analyzed, through infrared images, and hematological and biochemical parameters were analyzed and subsequently correlated with the index of thermal comfort, with the purpose of monitoring the heat stress of the birds, collecting blood from 15 laying hens of both sheds every 28 days. The results show that the acclimated system was effective, providing a reduction in the temperature and a thermal environment more suitable for creation of hens with higher hen-housed eggs and greater egg weight during the entire period of research and better egg shell quality in the summer period. When there are no failures in the supply of electrical energy, the acclimated system has better economic feasibility, providing greater financial return in comparison with the non-acclimated shed.

**Key-words:** Ambience. Animal science precision. Economic analysis. Electrical energy consumption. Infrared image. Welfare.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

**Figura 1** Representação esquemática da zona de conforto térmico e regiões extremas.....16

### CAPÍTULO 2 - SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO NO CONTROLE DO AMBIENTE TÉRMICO E NO DESEMPENHO PRODUTIVO DE GALINHAS POEDEIRAS

**Figura 1** Representação das regiões e corredores dos aviários e localização dos termohigrômetros.....37

**Figura 2** Imagem termográfica (a) e imagem real (b).....38

**Figura 3** Histograma dos valores de temperatura do ar (T<sub>bs</sub>) nos galpões climatizado (C) e não climatizado (NC).....42

**Figura 4** Histograma dos valores de umidade relativa (UR) nos galpões climatizado (C) e não climatizado (NC).....42

**Figura 5** Histograma dos valores de temperatura de globo negro (TGN) nos galpões climatizado (C) e não climatizado (NC).....43

**Figura 6** Histograma dos valores de índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) nos galpões climatizado (C) e não climatizado (NC).....43

**Figura 7** Gráfico de temperatura do ar (T<sup>o</sup>C) em função da hora do dia durante o tempo de coleta das imagens termográficas.....45

**Figura 8** Gráfico *boxplot* das temperaturas de forro e telhado nos diferentes galpões.....46

**Figura 9** Índice de ovos por ave alojada.....50

**Figura 10** Histograma da produção de ovos nos diferentes galpões e o padrão da linhagem.....51

**Figura 11** Produção de ovos (%) por semana nos diferentes aviários e o padrão da linhagem.....51

**Figura 12** Consumo médio diário de ração por ave (g/ave/dia) nos diferentes galpões em todo o período da pesquisa e por estação do ano.....53

### CAPÍTULO 3 - VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO PARA GALPÃO DE GALINHAS POEDEIRAS

**Figura 1** Localização dos termohigrômetros e Smart Meter nos aviários.....64

**Figura 2** Média de consumo de energia elétrica no galpão não climatizado (kW)....70

**Figura 3** Média de consumo de energia elétrica no galpão climatizado (kW).....71

**Figura 4** Frequência de falhas no fornecimento de energia elétrica por horário do dia.....72

**Figura 5** Número de ocorrências de falhas no fornecimento de energia elétrica no galpão climatizado, medido nos exaustores, por dia de experimento.....73

**Figura 6** Gráfico *boxplot* do total de mortalidade semanal (%) nos diferentes galpões.....74

**Figura 7** Mortalidade acumulada (%) nos diferentes galpões.....74

### CAPÍTULO 4 - CONCENTRAÇÃO DE GLICOSE SANGUÍNEA E RELAÇÃO HETERÓFILO:LINFÓCITO COMO INDICADORES DE ESTRESSE TÉRMICO PARA AVES POEDEIRAS

**Figura 1** Localização dos termohigrômetros nos aviários.....85

**Figura 2** Heterófilo (seta) e linfócitos (cabeça de seta).....88

<b>Figura 3</b> Gráfico <i>boxplot</i> da concentração de glicose para as aves do galpão climatizado em comparação com os valores de ITGU de cada dia de coleta.....	89
<b>Figura 4</b> Gráfico <i>boxplot</i> da concentração de glicose para as aves do galpão não climatizado em comparação com os valores de ITGU de cada dia de coleta.....	89
<b>Figura 5</b> Gráfico <i>boxplot</i> da relação heterófilo:linfócito para as aves do galpão climatizado em comparação com os valores de ITGU de cada dia de coleta.....	91
<b>Figura 6</b> Gráfico <i>boxplot</i> da relação heterófilo:linfócito para as aves do galpão não climatizado em comparação com os valores de ITGU de cada dia de coleta.....	92

## LISTA DE TABELAS

### **CAPÍTULO 2 - SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO NO CONTROLE DO AMBIENTE TÉRMICO E NO DESEMPENHO PRODUTIVO DE GALINHAS POEDEIRAS**

<b>Tabela 1</b> Composição percentual das rações utilizadas para as aves durante a pesquisa.....	36
<b>Tabela 2</b> Diferenças entre as variáveis do ambiente térmico nos galpões climatizado e não climatizado em todo o período da pesquisa e por estação do ano.....	44
<b>Tabela 3</b> Medianas das temperaturas de cristas e penas das aves nas diferentes regiões no sentido transversal de ambos os galpões (T°C).....	47
<b>Tabela 4</b> Medianas das temperaturas de cristas e penas das aves nas diferentes regiões no sentido longitudinal de ambos os galpões (T°C).....	48
<b>Tabela 5</b> Medianas das temperaturas de cristas e penas das aves em diferentes andares de ambos os galpões (T°C).....	48
<b>Tabela 6</b> Comparação entre medianas das temperaturas de cristas e penas em ambos os galpões (T°C).....	49
<b>Tabela 7</b> Comparação das médias das variáveis de qualidade dos ovos entre os galpões climatizado e não climatizado.....	54

### **CAPÍTULO 3 - VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO PARA GALPÃO DE GALINHAS POEDEIRAS**

<b>Quadro 1</b> Valores de referência para classificação do fornecimento de tensão de acordo com a Resolução ANEEL 505/2001.....	71
<b>Tabela 1</b> Porcentagem de registros de tensão classificados nas categorias definidas pela Resolução ANEEL 505/2001.....	72
<b>Tabela 2</b> Consumo e custo de energia elétrica total dos diferentes galpões analisados, durante o período da pesquisa e o custo de energia elétrica por ave (R\$/ave).....	75
<b>Tabela 3</b> Receita obtida com a venda dos ovos nos diferentes e custo de ração (Equação 12), em R\$/ave.....	76
<b>Tabela 4</b> - Cálculo do Lucro Operacional Bruto (LOB, Equação 11) nos diferentes galpões, com base na receita, no custo de energia elétrica e no custo de mão-de-obra (R\$/ave).....	76
<b>Tabela 5</b> Cálculo do Lucro Operacional (LO, Equação 14) nos diferentes galpões, baseado no Lucro Operacional Bruto (LOB) e despesas administrativas, financeiras e gerais (R\$/ave).....	76
<b>Tabela 6</b> Cálculo da Margem de Lucro (L) nos diferentes galpões, com base no Lucro Operacional (LO) e a depreciação dos equipamentos de climatização (R\$/ave).....	77
<b>Tabela 7</b> Valores de mortalidades diária e semanal nas diferentes condições de fornecimento de energia elétrica.....	78

# SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS.....</b>	<b>13</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
1.1 Objetivos.....	14
1.1.1 <i>Objetivo geral</i> .....	14
1.1.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	14
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>15</b>
2.1 Conceito de ambiência para aves poedeiras.....	15
2.2 Fisiologia do estresse térmico em aves.....	19
2.3 Nutrição e homeostase em poedeiras.....	22
2.4 Impacto do estresse térmico no desempenho zootécnico.....	24
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>25</b>
<b>CAPÍTULO 2 - SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO NO CONTROLE DO AMBIENTE TÉRMICO E NO DESENVOLVIMENTO PRODUTIVO DE GALINHAS POEDEIRAS.....</b>	<b>32</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>32</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>34</b>
2.1 Avaliação do ambiente térmico no interior das instalações.....	37
2.2 Determinação das temperaturas superficiais de aves e instalações.....	38
2.3 Avaliação do desempenho zootécnico.....	39
2.4 Avaliação da qualidade dos ovos.....	41
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>41</b>
3.1 Análise do ambiente térmico.....	41
3.2 Análise das imagens termográficas.....	45
3.3 Análise do desempenho zootécnico.....	50
3.4 Análise da qualidade de ovos.....	54
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>56</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>56</b>
<b>CAPÍTULO 3 - VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO PARA GALPÃO DE GALINHAS POEDEIRAS.....</b>	<b>61</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>61</b>

<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>63</b>
2.1 Avaliação do ambiente térmico no interior das instalações.....	64
2.2 Avaliação do desempenho zootécnico.....	65
2.2.1 <i>Total de ovos produzidos.....</i>	65
2.2.2 <i>Índice de ovos por ave alojada.....</i>	65
2.2.3 <i>Mortalidade.....</i>	66
2.2.4 <i>Consumo de ração.....</i>	66
2.3 Cálculo de consumo de energia elétrica.....	66
2.4 Análise econômica.....	67
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>69</b>
3.1 Análise de consumo de energia elétrica.....	70
3.2 Análise econômica.....	76
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>79</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>79</b>
<b>CAPÍTULO 4 - CONCENTRAÇÃO DE GLICOSE SANGUÍNEA E RELAÇÃO HETERÓFILO:LINFÓCITO COMO INDICADORES DE ESTRESSE TÉRMICO PARA AVES POEDEIRAS.....</b>	<b>82</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>82</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>83</b>
2.1 Avaliação do ambiente térmico no interior das instalações.....	84
2.2 Determinação dos parâmetros sanguíneos.....	85
2.2.1 <i>Determinação da glicose sanguínea.....</i>	86
2.2.2 <i>Determinação da relação heterófilo:linfócito.....</i>	86
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>88</b>
3.1 Análise da concentração de glicose sanguínea.....	88
3.2 Análise da relação heterófilo:linfócito.....	91
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>93</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>93</b>
<b>CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>97</b>

## **CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS**

### **1 INTRODUÇÃO**

No Brasil, predomina-se o sistema de criação de galinhas em gaiola, que permite um maior controle sobre a produção, manejo e sanidade das aves poedeiras, bem como redução da necessidade de mão-de-obra e de desperdícios de ração (SILVA; MIRANDA, 2009). A maioria das empresas avícolas produtoras de ovos caminha para a automação completa de aviários, pois permite aumento da concentração de aves por área, maximizando a capacidade de alojamento das mesmas e redução dos custos de produção. Paralelamente, com o aumento da densidade das criações, ocorre maior geração de calor no ambiente, que precisa ser retirado do aviário, pois o estresse gerado por altas temperaturas é fator de redução no desempenho produtivo dessas aves.

A climatização de aviários, quando eficiente, proporciona conforto térmico e bem-estar às aves, que tem sido uma constante preocupação dos mercados consumidores. Com a aprovação da Diretiva 1999/74/CE pela União Europeia, a qual estabelece normas mínimas relativas à proteção das galinhas poedeiras elaborou-se, no Brasil, o Protocolo de Bem-Estar para Aves Poedeiras (Ubabef, 2008). Todavia, apesar da pressão dos mercados internacionais, poucas empresas possuem aviários com sistemas de climatização e proporcionam um ambiente adequado às aves, para que elas possam expressar sua máxima produtividade, pois há a crença de que climatizar é oneroso e que os benefícios que ela proporciona não geram retorno financeiro. Além disso, as empresas avícolas não registram o consumo de energia elétrica de seus equipamentos e frequentes falhas no fornecimento de energia elétrica podem acarretar perdas e reduzir a margem de lucro do produtor.

Esta dissertação foi dividida em capítulos, que se pretende publicar em periódicos da área. O primeiro capítulo trata de uma revisão bibliográfica geral sobre sistema de climatização, conforto ambiental, fisiologia do estresse térmico e consequências no desempenho zootécnico para poedeiras. O segundo capítulo

aborda os resultados de ambiência proporcionados pelo sistema de climatização em relação à produção e a qualidade dos ovos entre os galpões avaliados. O terceiro capítulo analisa o consumo de energia elétrica e as falhas de fornecimento de energia elétrica, correlacionando com a mortalidade diária das aves e estima a lucratividade do galpão climatizado frente ao não climatizado, considerando todas as variáveis anteriormente analisadas. O quarto capítulo faz análise dos parâmetros sanguíneos coletados e associa com o ambiente térmico, buscando demonstrar diferentes níveis de estresse térmico das poedeiras.

## **1.1 Objetivos**

### ***1.1.1 Objetivo geral***

O objetivo geral deste estudo foi comparar a viabilidade econômica de um aviário automatizado e climatizado para poedeiras comerciais e um aviário automatizado não climatizado, em uma granja de postura localizada no município de Bastos-SP.

### ***1.1.2 Objetivos específicos***

- Quantificar e avaliar os índices zootécnicos (mortalidade, produção e variáveis da qualidade de ovo) dos dois sistemas de produção;
- Comparar os custos básicos de produção das duas instalações e sua viabilidade de implantação;
- Analisar o ambiente térmico, por meio do índice de conforto térmico e imagens termográficas das aves e partes das distintas instalações;

- Correlacionar os parâmetros hematológicos e bioquímicos e o estresse térmico, como forma de monitoramento do nível de estresse calórico das aves.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Conceito de ambiência para aves poedeiras

Ambiência é o resultado do espaço arquitetônico organizado e animado, preparado para prover o abrigo a quem o habita. A ambiência no interior de instalações é influenciada pelas condições do clima, da arquitetura e materiais de construção e da qualificação da mão-de-obra. Pode ser definido em diferentes ambientes: térmico, aéreo, biológico, físico, acústico e social (PEREIRA, 2011).

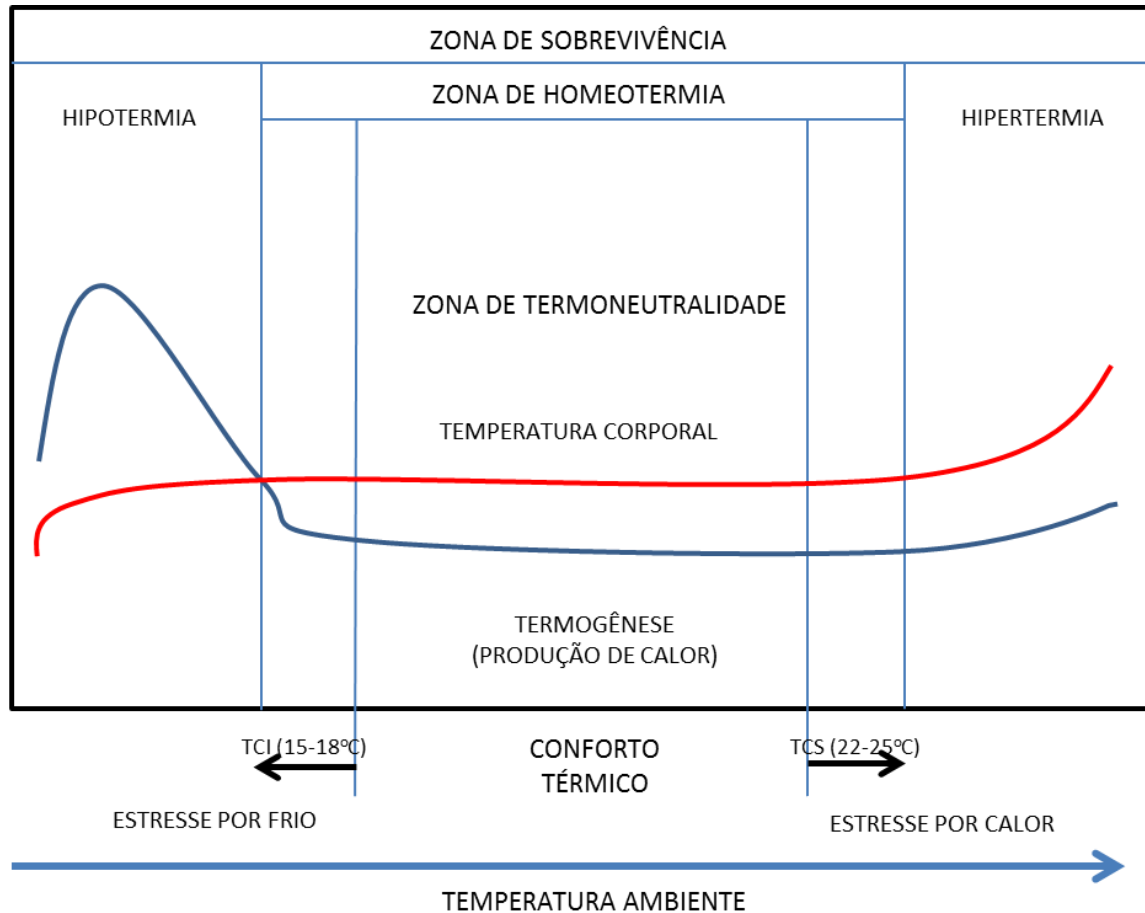
Sendo assim, o estudo do ambiente e sua interferência na fisiologia e no desempenho dos animais torna-se primordial para a definição do sistema de produção, tipo de instalação e técnicas de manejos a serem realizados para minimizar os efeitos negativos do estresse térmico sobre as aves e a manutenção de sua homeostase (TAKAHASHI et al., 2009).

Furlan e Macari (2002) definiram homeostase como o conjunto de mecanismos fisiológicos e bioquímicos que atuam na manutenção do equilíbrio do meio interno do animal. Quando a ave encontra-se na zona de conforto, ela está em equilíbrio térmico (TAKAHASHI et al., 2009). A zona de conforto térmico pode ser definida como a faixa de temperatura ambiente em que o gasto energético é mínimo para a manutenção da homeotermia e o desempenho produtivo é máximo (FURLAN; MACARI, 2002).

De acordo com Abreu e Abreu (2013), para o conforto fisiológico das aves, considera-se que a temperatura no interior da instalação corresponda à zona de termoneutralidade, cujos extremos são limitados pela temperatura crítica inferior (TCI) e a temperatura crítica superior (TCS), apresentados na Figura 1. Segundo

Tinôco (2001), a zona de conforto térmico para aves compreende temperaturas entre 15-18°C e 22-25°C e umidade relativa do ar de 50 a 70%.

**Figura 1** - Representação esquemática da zona de conforto térmico e regiões extremas.



Fonte: Adaptado de Takahashi et al., 2009.

O ambiente térmico é composto pelas variáveis ambientais temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar e velocidade do ar (YAHAV et al., 2004; RENAUDEAU et al., 2011). Essas variáveis podem ser resumidas em índices de conforto térmico, que auxiliam no monitoramento do ambiente térmico. O índice de temperatura e umidade (ITU) e o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) são os mais utilizados (MEDEIROS et al., 2005; MATTOS, 2007; DAMASCENO et al., 2007).

O ITU, proposto por Thom (1959), procura indicar os efeitos combinados da temperatura de bulbo seco e umidade de ar no conforto e desempenho do animal (MATTOS, 2007). De acordo com Jácome (2009) e Takahashi et al. (2009), valores

de ITU abaixo de 70 são considerados confortáveis para os animais domésticos e acima de 78, considerados estressantes.

Vitorasso e Pereira (2009) ressaltam que o ITU, apesar de não considerar os efeitos da radiação, pode ser utilizado para resumir o conforto térmico em situações nas quais não se mediu a temperatura de globo negro. Os autores utilizaram a Equação 1 para ITU adaptado para poedeiras, proposto por Brown-Brandl et al. (1997):

$$\text{ITU} = 0,6 * \text{TBS} + 0,4 * \text{TBU} \quad (\text{Equação 1})$$

onde, TBS é a temperatura de bulbo seco (°C) e TBU é a temperatura de bulbo úmido (°C).

O ITGU, desenvolvido por Buffington et al. (1981), apresenta a vantagem de incorporar diretamente em um único valor, além da temperatura do ar e da umidade relativa, os efeitos da velocidade do ar e da radiação solar, na forma de temperatura de globo negro. Ambientes com ITGU entre 69 e 77 são considerados confortáveis para as aves (MEDEIROS et al., 2005). Este índice de conforto pode ser calculado a partir da Equação 2:

$$\text{ITGU} = \text{TGN} + 0,36 * \text{TPO} - 330,08 \quad (\text{Equação 2})$$

onde: TGN é a temperatura de globo negro (K) e TPO é a temperatura do ponto de orvalho (K) calculado pela temperatura de bulbo seco e umidade relativa empregando equações psicrométricas.

Em países de clima tropical, a alta temperatura e alta umidade relativa são fatores limitantes para o desempenho das aves, sendo necessário atentar à tipologia e aos materiais utilizados principalmente em coberturas de aviários para a criação de aves poedeiras (FURLAN; MACARI, 2002; TINÔCO, 2004; JÁCOME et al., 2007; VITORASSO; PEREIRA, 2009).

De acordo com Tinôco (2001), no Brasil predomina-se a criação em galpões abertos, sem ambiente controlado. Czarick III e Fairchild (2008) preconizam que o aviário com ventilação natural deve assegurar que o ar externo entre no galpão e

flua facilmente por toda a instalação, recomendando uma largura máxima de 12,00 m para garantir esse fluxo de ar no interior da instalação.

A utilização do sistema de climatização deve ser feita quando houver viabilidade técnica ou econômica ou ainda quando não for possível a utilização dos recursos naturais para minimizar o efeito do ambiente sobre as aves. Em aviários com sistemas de climatização, com o uso de ventiladores, aspersores ou equipamentos de resfriamento artificiais (exaustores e painéis evaporativos), devem ser considerados o dimensionamento dos motores, a capacidade dos equipamentos e o fornecimento de energia elétrica e é imprescindível a existência de geradores (TINÔCO, 2004).

O sistema de ventilação de pressão negativa é mais eficiente em clima quente e seco, pois reduz a temperatura do ar com consequente aumento da umidade relativa. O galpão com esse sistema possui em uma das extremidades placas evaporativas (*pad cooling*) para o resfriamento do ar que entra na instalação e, na extremidade oposta, exaustores para a renovação de todo o ar do aviário. O ar que entra é resfriado ao passar pelas placas evaporativas, percorre todo o galpão e sai através dos exaustores. A velocidade do ar recomendada para poedeiras é de 2,5 a 3,0 m/s (CZARICK III; FAIRCHILD, 2008) e a vedação das entradas de ar lateral e do teto deve ser total para que o sistema seja eficiente. Deve ser acionado quando a temperatura do ar ultrapassar a do limite de conforto e se manter ligado enquanto a umidade relativa estiver abaixo de 80% (TINÔCO, 2004; SILVA; NÄÄS, 2004).

Os princípios de funcionamento dos diferentes sistemas de climatização são explicados pela psicrometria, que relaciona as propriedades termodinâmicas do ar úmido (mistura de ar seco e vapor d'água). No sistema de ventilação de pressão negativa, o processo caracteriza-se pela redução da temperatura através da evaporação de água, elevando a umidade do ar. O ar, ao passar pela placa evaporativa carrega as gotículas de água presentes no painel que se evaporam no interior do galpão devido à temperatura do ambiente elevada. Ao evaporar, ela retira o calor do ambiente, pois 1 grama de água na forma líquida necessita de 550 calorias para sua evaporação, promovendo assim, o abaixamento da temperatura do ar (ASHRAE, 2009; FURLAN; MACARI, 2002).

## 2.2 Fisiologia do estresse térmico em aves

A ave é um animal homeotérmico e sua temperatura corporal média é de 41,1°C. Quando a ave está em conforto térmico, ela está em homeostase e não há perda ou produção de calor, sendo que o gasto de energia para a manutenção é mínimo e a energia metabolizada pode ser direcionada para os processos produtivos, otimizando seu desempenho (TAKAHASHI et al., 2009).

Para a manutenção da homeostase térmica ocorrem respostas físicas e alterações comportamentais e fisiológicas.

As respostas físicas para a regulação da temperatura são classificadas em formas sensível e latente de transferência de calor (CAMPOS, 2000; FURLAN; MACARI, 2002; YAHAV et al., 2011).

As formas sensíveis ocorrem através de radiação, condução e convecção e são dependentes da diferença entre a temperatura corporal das aves e a temperatura do ambiente. Quanto maior for esse diferencial de temperatura, mais eficiente será a transferência de calor sensível (NASCIMENTO; SILVA, 2013).

A radiação ocorre através da emissão de ondas eletromagnéticas de uma superfície mais quente para outra mais fria, por exemplo, o calor emitido pelo telhado do galpão e o calor metabólico gerado pelas aves para o ambiente interno. A condução ocorre pelo contato direto entre duas superfícies, transferindo o calor da superfície mais quente para a mais fria. Convecção é a remoção de calor pelo movimento do ar mais frio sobre uma superfície de maior temperatura (BORGES et al., 2003; MACARI et al., 2004; SHINDER et al., 2007; YAHAV et al., 2008, NASCIMENTO; SILVA, 2013).

A perda de calor sensível através da vasodilatação periférica é afetada pela presença de penas, que funcionam como isolantes térmicos, impedindo a dissipação do calor, mas é eficiente em áreas sem empenamento e ricamente vascularizadas. Aves criadas em ambientes com temperaturas elevadas apresentam maiores temperaturas superficiais em crista, olhos, orelhas, barbelas, asas e pés que em regiões empenadas como cabeça, dorso, peito, coxa, sobrecoxa e cauda (YAHAV et al., 1998; DAHLKE et al., 2005; FUKAYAMA et al., 2005; NÄÄS et al., 2010; MOE et al., 2012).

A forma latente de transferência de calor, no caso das aves é a mais eficiente para perda de calor e é realizada principalmente através da respiração, uma vez que elas são desprovidas de glândulas sudoríparas, e pela evaporação cutânea, através do maior fluxo sanguíneo e transferência de calor para a superfície da pele. Esse mecanismo de dissipação torna-se importante para as aves quando ocorre a elevação da temperatura ambiente, pois a perda de calor latente não depende da diferença entre as temperaturas corporal da ave e do ambiente, mas depende da pressão de vapor de água do ar. Quanto maior a umidade, menor é a perda, uma vez que o calor dissipado se dá pela evaporação (FURLAN; MACARI, 2002; TAKAHASHI et al., 2009; NASCIMENTO; SILVA, 2013).

Em situações de estresse ocorrem efeitos negativos no desempenho das aves, em detrimento das alterações fisiológicas e comportamentais. Considera-se estresse qualquer alteração no equilíbrio homeostático do animal e no caso do térmico, as aves ou encontram-se em ambientes cuja temperatura está abaixo do limite crítico inferior ou acima do limite superior à zona de conforto térmico (SIEGEL, 1980; CAMPOS, 2000). Porém, nas condições climáticas brasileiras, as atenções estão voltadas para o estresse por calor. Neste tipo de estresse, ocorre dissipação do calor dos órgãos internos para a superfície da pele através da vasodilatação periférica e aumento da área de superfície corporal afastando as asas do corpo, diminuição do afluxo sanguíneo para os órgãos viscerais, redução da produção de calor metabólico por diminuição no consumo de ração, aumento da frequência respiratória e elevação imediata do consumo de água devido às trocas latentes (BORGES et al., 2003; MACARI et al., 2004; NASCIMENTO; SILVA, 2013).

Contudo, quando as aves são expostas a temperaturas elevadas por um período de 4 a 7 dias, desenvolvem a capacidade de adaptação ao calor, denominada de aclimatação, com o objetivo de reduzir os efeitos negativos das respostas fisiológicas para a manutenção da homeostase térmica. A aclimatação ao calor ocorre por alteração nos limites de termotolerância através da vasodilatação periférica e vasoconstricção dos órgãos viscerais, porém, sem alteração do aporte sanguíneo nos mesmos; diminuição da frequência cardíaca e maior volume sistólico, aumentando a eficiência cardíaca; aumento do volume plasmático; moderado aumento da capacidade de perdas de calor evaporativo e sensível e diminuição da

produção de calor. (DAWSON; WHITTON, 2000; SILVA, 2008; YAHAV, 2009; PEREIRA et al., 2012; SILVA; MAIA, 2013; ABDELQADER; AL-FALAFTAH, 2014).

O sistema sanguíneo sofre sensíveis alterações pelo estresse e vários metabólitos presentes no sangue têm sido mensurados como indicadores de bem-estar (BORGES, 1997, 2001; THAXTON, 2004; NICOL et al., 2009). A termorregulação nas aves envolve os termorreceptores periféricos e centrais, que captam a temperatura ambiente e o hipotálamo, que controla as ações para a manutenção do equilíbrio térmico (DAWSON; WHITTON, 2000; LUDDERS, 2006). O hipotálamo estimula a hipófise a secretar o hormônio tireotrófico (TSH), atuando sobre a glândula tireoide, que secreta tiroxina (T4), que é deiodinada a triiodotironina (T3) em todos os tecidos. Ambos são hormônios termogênicos, sendo o T3 o principal hormônio estimulador do metabolismo. Sob condições de altas temperaturas, são ativados mecanismos para diminuir a concentração de T3, principalmente o que envolve a redução da deiodinação do T4 em T3 (YAHAV, 2009; SILVA; MAIA, 2013). Em aves aclimatadas a altas temperaturas observa-se redução significativa da concentração plasmática de T3, principalmente pela diminuição da atividade da glândula tireoide (YAHAV, 2009).

A resposta ao estresse envolve os sistemas nervoso e endócrino, compreendidos pelo eixo hipotalâmico-pituitário-adrenal e o sistema simpato-adrenomedular. O hipotálamo, através de estímulos recebidos pelos termorreceptores, atua sobre a hipófise, promovendo a secreção de adrenocorticotropina (ACTH) e as glândulas adrenais, que secretam as catecolaminas (adrenalina e noradrenalina) e os glicocorticoides. O ACTH estimula as adrenais a aumentarem a síntese e liberação de glicocorticoides, dentre os quais o corticosteroide. As catecolaminas ativam a quebra do glicogênio em glicose no fígado e aceleram a frequência cardíaca. O glicocorticoide induz o aumento da glicose sanguínea, pois eleva a glicogenólise e possui efeito sobre as células sanguíneas, reduzindo o número de eosinófilos e linfócitos e aumentando o número de heterófilos (SIEGEL, 1980; CAMPOS, 2000; LATIMER; BIENZLE, 2000; MÖSTL; PALME, 2002).

A relação heterófilo/linfócito (H/L) tem sido proposta como um índice de estresse em aves (GROSS; SIEGEL, 1983; MAXWELL, 1993). Valores normais de leucócitos totais para frangos de corte estão entre 12000 e 30000 (LATIMER; BIENZLE, 2000), podendo variar em função da idade, local de criação, sexo e

condições de estresse. Nas contagens diferenciais, em média 60 a 65% do total de leucócitos são linfócitos, 25 a 30% heterófilos, 10% monócitos, 2% eosinófilos e 1,7% basófilos (VOGT, 2005). A relação heterófilos:linfócitos em situação de termoneutralidade é de 1:2. Quando as aves são submetidas a condições de estresse, essa relação aumenta, tendo em vista que situações estressoras aumentam a quantidade de heterófilos e diminuem a de linfócitos na circulação (MACARI ; LUQUETTI, 2002; BORGES, 1997, 2001).

Outro indicador de estresse calórico utilizado é a concentração de glicose plasmática, que se eleva em decorrência da maior secreção de glicocorticoides, que induzem a glicogenólise e deprimem a absorção celular de glicose (BORGES et al., 2003, 2004; THAXTON, 2004; MUMMA et al., 2006; STAR et al., 2008). Valores entre 11 a 25 mmol/L (198 e 450 mg/dL) são considerados normais para aves e, em situações de estresse, podem ser observados valores acima de 33 mmol/L, equivalente a 594 mg/dL (LUMEJI, 2008).

Ao contrário da maioria das espécies de mamíferos, em aves, a concentração de corticosteroide não é o melhor índice de estresse, pois os níveis plasmáticos são muito variáveis e não apresentam estabilidade em períodos prolongados de estresse (SIEGEL, 1980; CRAIG et al., 1985; FURLAN; MACARI, 2002; NICOL et al., 2009).

### 2.3 Nutrição e homeostase em poedeiras

A produção ou a perda de calor pode ser descrita pela Equação 3 (DAWSON; WHITTOW, 2000):

$$S = H - E \pm R \pm C \pm K \quad (\text{Equação 3})$$

onde: S é a produção ou perda de calor, H é a produção de calor metabólico, E é a perda de calor evaporativo, R é a perda ou ganho de calor por radiação, C é a perda ou ganho de calor por condução e K é a perda ou ganho de calor por convecção.

O calor metabólico é proveniente da energia liberada através de processos oxidativos que ocorrem nas células. Pode ser originada da energia basal e da energia da dieta (ingestão de alimentos). A energia basal é produzida quando a ave está em repouso ou jejum, dentro da zona de conforto térmico, para a manutenção das suas atividades vitais.

A produção de calor da energia da dieta é proveniente da energia metabolizável dos alimentos, resultante da Equação 4 (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007):

$$EMA = EB - E_f - E_u - E_g \quad (\text{Equação 4})$$

onde: EMA é a energia metabolizável aparente (kcal/g), EB é a energia bruta (kcal/g),  $E_f$  é a energia fecal (kcal/g),  $E_u$  é a energia urinária (kcal/g) e  $E_g$  é a energia dos gases (kcal/g)

A energia metabolizável aparente é efetivamente disponível para as aves e utilizada para produção de calor, manutenção ou produção de ovos. A utilização dessa energia fornecida à ave é a quantidade de energia retida ou perdida na forma de calor.

A temperatura ambiente é uma das principais responsáveis pela variação do consumo de alimento em aves poedeiras. Em condições de termoneutralidade, a ingestão de ração varia de acordo com a produção de ovos e/ou a idade das aves, porém a cada 1°C de elevação na temperatura ambiente, há uma redução de 1,5% no consumo de ração (FURLAN; MACARI, 2002; FUKAYAMA et al, 2005; LEESON; SUMMERS, 2008).

Poedeiras necessitam de 270 – 275 kcal EM/ave/dia em condições termoneutras para manutenção e produção (LEESON; SUMMERS, 2008). Aves estressadas pelo calor diminuem o consumo de ração para reduzirem a produção de calor metabólico, proveniente da energia metabolizável dos alimentos, pois há uma menor necessidade energética para a manutenção da temperatura corporal. Porém, as alterações fisiológicas como vasodilatação, abertura das asas e ofego, fazem com que as aves tenham um aumento na demanda de energia, ocorrendo um balanço energético negativo para a produção (LEESON; SUMMERS, 2008; DAGHIR, 2008, RENAUDEAU et al., 2011).

A energia gasta no processo digestivo, o calor de fermentação e o calor resultante do metabolismo de nutrientes constituem o incremento calórico. Embora a gordura seja mais energética, a ave gasta menos energia para digeri-la do que carboidrato e proteína (CAMPOS, 2000). Para compensar a redução no consumo de ração, o aumento da densidade nutricional com uso de dietas mais energéticas tem sido uma das práticas comumente utilizadas (DAGHIR, 2008; GOUS, 2010). A adição de óleos e gorduras para aumentar a energia da dieta contribui para diminuir a produção de calor, pois possuem incremento calórico menor que proteínas e carboidratos, porém encarece o custo da ração, que representa 60 a 80% do custo de produção de ovos (DAGHIR, 2008; LEESON; SUMMERS, 2008).

Além da adição de óleo na ração, recomenda-se a redução dos níveis de proteína bruta e suplementação com aminoácidos sintéticos, em condições de altas temperaturas. A proteína é o nutriente que mais necessita de energia para ser catabolizada, quando comparada com gorduras e carboidratos, e o calor gerado para sua digestão pode ser prejudicial às aves em estresse calórico. Adicionando os aminoácidos sintéticos, é possível fornecer os nutrientes essenciais, sem necessidade de catabolizar o excesso de proteína bruta (LEESON; SUMMERS, 2008).

#### **2.4 Impacto do estresse térmico no desempenho zootécnico**

Uma das consequências do estresse térmico para as aves é o aumento da frequência respiratória (ofego), que pode causar a alcalose respiratória e alterações no equilíbrio ácido-base. Ocorrem perdas excessivas de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) acarretando a diminuição da pressão parcial de  $\text{CO}_2$  e, conseqüentemente, queda na concentração de ácido carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) e  $\text{H}^+$  (BORGES et al., 2003). Esse decréscimo dos níveis de  $\text{CO}_2$  no sangue pode diminuir a espessura da casca do ovo, pois o mesmo é importante na formação do carbonato de cálcio, presente na composição da casca do ovo (CAMPOS, 2000, ALVES et al., 2007, FRANCO-JIMENEZ et al., 2007).

Em estresse por calor, ocorre um bloqueio no centro de apetite localizado no hipotálamo das aves, que reduz a ingestão de alimento para diminuir a produção de calor interno. Há uma redução na ingestão de nutrientes que afeta a produtividade das aves, diminuindo a produção de ovos e o peso dos ovos, chegando a cessar devido à atresia de folículos ovarianos (CAMPOS, 2000; UĞURLU et al., 2001; MASHALY et al., 2004; MUMMA et al., 2006, PEREIRA et al., 2008; DENG et al., 2012, MACK et al., 2013, NASCIMENTO; SILVA, 2013).

O aumento da mortalidade em aves pode ocorrer quando a temperatura do ambiente elevar 5 a 10°C acima da termoneutralidade por curtos períodos. Com a hipertermia, há elevação da temperatura cerebral e perda do controle neural da termorregulação, diminuição do fornecimento de oxigênio para as células, desnaturação de enzimas essenciais para as funções vitais, exaustão física e inibição de respostas imunitárias (DE BASILIO et al., 2001; MASHALY et al., 2003, THAXTON, J. P., 2004; ROBERTSHAW, 2006; ABREU; ABREU, 2013).

## REFERÊNCIAS

ABDELQADER, A.; AL-FATAFTAH, A. R. Thermal acclimation of broiler birds by intermittent heat exposure. **Journal of Thermal Biology**, Oxford, v. 39, p.1-5, 2014.

ABREU, P. G.; ABREU, V. M. N. **Estresse calórico- como ocorre e o que fazer?**. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/calor/calor.pdf>> Acesso em: 17 fev. 2013.

ALVES, S. P.; SILVA, I. J. O.; PIEDADE, S. M. S. Avaliação do bem-estar de aves poedeiras comerciais: efeitos do sistema de criação e do ambiente bioclimático sobre o desempenho das aves e a qualidade de ovos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, n. 5, p. 1388-1394, 2007.

ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Psychrometrics. In: **2009 ASHRAE Handbook of fundamentals**. Atlanta:ASHRAE, 2009. p. 1.1-1.20.

BORGES, S. A. **Suplementação de cloreto de potássio e bicarbonato de sódio para frangos de corte durante o verão**. 1997. 84 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1997.

BORGES, S. A. **Balço eletrolítico e sua interrelação com o equilíbrio ácido-base em frangos de corte submetidos a estresse calórico**. 2001. 97 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

BORGES, S. A.; MAIORKA, A.; SILVA, A. V. F. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 5, p. 975-981, set/out, 2003.

BORGES, S. A.; SILVA, A. V. F.; MAIORKA, A.; HOOGE, D. M.; CUMMINGS, K. R. Physiological responses of broiler chickens to heat stress and dietary electrolyte balance (sodium plus potassium minus chloride, milliequivalents per kilogram). **Poultry Science**, Champaign, v. 83, p.1551-1558, 2004.

BROWN-BRANDL, T. M. Physiological responses of tom turkeys to temperature and humidity change with age. **Journal of Thermal Biology**, Oxford, v. 22, n. 1, p. 43-52, 1997.

BUFFINGTON, C. S.; COLLIER, R. I.; CANTON, G. H. Shade management system heat stress for dairy cows in hot, humid climates. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 26, n. 6, p. 1798-1802, 1981.

CAMPOS, E. J. **Avicultura: razões fatos e divergências**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2000. 311 p.

CRAIG, J. V.; CRAIG, J. A.; VARGAS VARGAS, J. Corticosteroids and other indicators of hens' well-being in four laying-house environments. **Poultry Science**, Champaign, v. 65. p. 856-863, 1986.

CZARICK III, M.; FAIRCHILD, B. D. Poultry housing for hot climates. In: DAGHIR, N. J. **Poultry production in hot climates**. 2. ed. Trowbridge: Cromwell Press, 2008. cap. 5, p. 81-131.

DAGHIR, N. J. Nutrient requirements of poultry at high temperatures. In:\_\_\_\_\_. **Poultry production in hot climates**. 2. ed. Trowbridge: Cromwell Press, 2008. cap. 6, p. 132-159.

DAHLKE, F.; GONZALES, E.; GADELHA, A. C.; MAIORKA, A.; BORGES, S. A.; ROSA, P. S.; FARIA FILHO, D. E.; FURLAN, R. L. Empenamento, níveis hormonais de triiodotironina e tiroxina e temperatura corporal de frangos de corte de diferentes genótipos criados em diferentes condições de temperatura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 664-670, maio./jun., 2005.

DAMASCENO, F. A.; JUNIOR, T. Y.; LIMA, R. R.; GOMES, R. C. C.; MORAES, S. R. P. Avaliação do bem-estar de frangos de corte em dois galpões comerciais climatizados. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 1031-1038, 2010.

DAWSON, W. R.; WHITTOW, G. C. Regulation of body temperature. In: WHITTOW, G. C. **Sturkie's avian physiology**. 5. ed. Milwaukee: Academic Press, 2000. p. 343-390.

DE BASILIO, V; VILARIÑO, M; YAHAV, S.; PICARD, M. Early age thermal conditioning and a dual feeding program for male broilers challenged by heat stress. **Poultry Science**, Champaign, v. 80, p. 29-36, 2001.

DENG, W.; DONG, X. F.; TONG, J. M.; ZHANG, Q. The probiotic *Bacillus licheniformis* ameliorates heat stress-induced impairment of egg production, gut morphology, and intestinal mucosal immunity in laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 91, p.575-582, 2012.

FRANCO-JIMENEZ, D. J.; SCHELEIDER, S. E.; KITTOK, R. J.; BROWN-BRANDL, T. M.; ROBESON, L. R.; TAIRA, H.; BECK, M. M.. Differential effects of heat stress in three strains of laying hens. **Journal of Applied Poultry Research**, Oxford, v. 16, p.628-634, 2007.

FUKAYAMA, E. H.; SALOMURA, N. K.; NEME, R.; FREITAS, E. R. Efeito da temperatura ambiente e do empenamento sobre o desempenho de frangas leves e semipesadas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 6, p. 1272-1280, nov./dez., 2005.

FURLAN, R. L.; MACARI, M. Termorregulação. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. p. 209-230.

GOUS, R. M. Nutritional limitations on growth and development in poultry. **Livestock Science**, Oxford, v. 130, p. 25-32, 2010.

GROSS, W. B.; SIEGEL, H. S. Evaluation of heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. **Avian Diseases**, Jacksonville, v. 27, n. 4, p. 972-979, oct./dec., 1983.

JÁCOME, I. M. T. D. **Diferentes sistemas de iluminação artificial usados no alojamento de poedeiras leves**. 2009. 144 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

LATIMER, K. S.; BIENZLE, D. The avian leukogram: determination and interpretation. In: \_\_\_\_\_. **Schalm's veterinary hematology**. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 2000. p. 417-432.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. Feeding programs for laying hens. In: \_\_\_\_\_. **Commercial poultry nutrition**. 3. ed. Nottingham:Nottingham University Press, 2008. cap. 4, p. 163-227.

LUDDERS, J. W. Respiração nas aves. In: REECE, W. O. **Dukes, fisiologia dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. p. 135-146.

LUMEJI, J. T. Avian clinical biochemistry. In: KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. **Clinical biochemistry of domestic animals**. Oxford: Elsevier Academic Press, 2008. p. 839-872.

MACARI, M.; LUQUETTI, B. C. Fisiologia cardiovascular. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. p. 17-35.

MACARI, M.; FURLAN, R. L.; MAIORKA, A. Aspectos fisiológicos e de manejo para manutenção da homeostase térmica e controle de síndromes metabólicas. In: MENDES, A. A.; NÄÄS, I. A.; MACARI, M. **Produção de frangos de corte**. Campinas:Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2004. p. 137-156.

MACK, L. A.; FELVER-GANT, J. N.; DENNIS, R. L.; CHENG, H. W.. Genetic variations alter production and behavioral responses following heat stress in two strains of laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 92, p. 285-294, 2013.

MASHALY, M. M.; HENDRICKS, G. L.; KALAMA, M. A.; GEHAD, A. E.; ABBAS, A. O.; PATTERSON, P. H. Effect of heat stress on production parameters and immune responses of commercial laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 83, p. 889-894, 2004.

MATTOS, J. M. **Avaliação das instalações em aviários de postura conforme aspectos de conforto térmico na região de Bastos**. 2007. 57 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

MAXWELL, M. H. Avian blood leucocyte responses to stress. **World's Poultry Science Journal**, Ithaca, v. 49, p. 34-43, 1993.

MEDEIROS, C. M.; BAÊTA, F. C.; OLIVEIRA, R. F. M.; TINÔCO, I. F. F.; ALBINO, L. F. T.; CECON, P. R. Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 13. n. 4, p. 277-286, 2005.

MOE, R. O.; STUBSJØEN, S. M.; BOHLIN, J.; FLØ, A.; BAKKEN, M. Peripheral temperature drop in response to anticipation and consumption of a signaled palatable reward in laying hens (*Gallus domesticus*). **Physiology & Behavior**, Oxford, v. 106, p. 527-533, 2012.

MÖSTL, E.; PALME, R. Hormones as indicator of stress. **Domestic Animal Endocrinology**. Oxford, v. 23, p. 67-74, 2002.

MUMMA, J. O.; THAXTON, J. P.; VIZZIER-THAXON, Y.; DODSON, W. L. Physiological stress in laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 85, p. 761-769, 2006.

NÄÄS, I. A.; ROMANINI, C. E. B.; NEVES, D. P.; NASCIMENTO, G. R., VERCELLINO, R. A. Broiler surface temperature distribution of 42 day old chickens. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, n. 5, p. 497-502, sep/oct., 2010.

NASCIMENTO, S. T.; SILVA, I. J. O. **As perdas de calor das aves: entendendo as trocas de calor com o meio.** Disponível em <[http://www.avisite.com.br/cet/img/20100916\\_trocasdecalor.pdf](http://www.avisite.com.br/cet/img/20100916_trocasdecalor.pdf)>. Acesso em: 12 fev. 2013.

NICOL, C. J.; CAPLEN, G.; EDGAR, J.; BROWNE, W. J. Associations between welfare indicators and environmental choice in laying hens. **Animal Behaviour**, Cambridge, v. 78, p. 413-424, 2009.

PEREIRA, D. F.; VITORASSO, G.; OLIVEIRA, S. C.; KAKIMOTO, S. K.; TOGASHI, C. K.; SOARES, N. M. Correlations between thermal environment and egg quality of two layer commercial strains. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 10, n. 2, p. 81-88, apr./jun. 2008.

PEREIRA, D. F. Ambiência em frangos de corte. In: CONFERÊNCIA FACTA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2011, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 2011. p. 113-122.

PEREIRA, D. F.; BUENO, L. G. F.; SILVA, G. F. **Novas ferramentas para avaliar a ambiência na avicultura.** Disponível em <[http://www.avisite.com.br/cet/img/20110908\\_ambiencia.docx](http://www.avisite.com.br/cet/img/20110908_ambiencia.docx)>. Acesso em: 12 abr. 2012.

RENAUDEAU, D.; COLLIN, A.; YAHAV, S.; DE BASILIO, V.; GOURDINE, J. L.; COLLIER, R. J. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. **Animal**, Cambridge, v. 6, n. 5, p. 707-728, 2012.

ROBERTSHAW, D. Regulação da temperatura e o ambiente térmico. In: REECE, W. O. **Dukes, fisiologia dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. p. 897-908.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. Metodologias para avaliar o conteúdo de energia dos alimentos. In: SAKOMURA, N. K. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: FUNEP, 2007. cap. 2, p. 40-86.

SHINDER, D.; RUSAL, M.; TANNY, J.; DRUYAN, S.; YAHAV, S. Thermoregulatory response of chicks (*Gallus domesticus*) to low ambient temperatures at an early age. **Poultry Science**, Champaign, v. 86, p. 2200-2209, 2007.

SIEGEL, H. S. Physiological stress in birds. **BioScience**, Oxford, v. 30, n. 8, p.529-534, aug. 1980.

SILVA, A.; NÄÄS, I. A. Equipamentos para aquecimento e refrigeração. In: MENDES, A. A.; NÄÄS, I. A.; MACARI, M. **Produção de frangos de corte**. Campinas:Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2004. p. 85-96.

SILVA, R. G. Conceito de equilíbrio térmico. In: \_\_\_\_\_. **Biofísica ambiental**. Os animais e seu ambiente. Jaboticabal: FUNEP, 2008. p. 131-176.

SILVA, I. J. O.; MIRANDA, K. O. S. Impactos do bem-estar na produção de ovos. **Thesis**, São Paulo, v. 6, n. 11, p. 89-115, 2009. Disponível em: <<http://www.nupea.esalq.usp.br/imgs/publicacoes/6.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2013.

SILVA, R. G.; MAIA, A. S. C. Thermal balance and thermoregulation. In: \_\_\_\_\_. (Ed.) **Principles of animal biometeorology**. Dordrecht: Springer, 2013. cap. 3, p. 75-106.

TAKAHASHI, L. S.; BILLER, J. D.; TAKAHASHI, K. M. **Bioclimatologia zootécnica**. Jaboticabal: [s.n.], 2009. p. 13-39.

THAXTON, J. P. Welfare of the laying hen. **Poultry Science**, Champaign, v. 27, p. 81-95, 2004.

THOM, E.C. The discomfort index. **Weatherwise**, Washington, v. 12, n. 2, p. 57-60, 1959.

TINÔCO, I. F. F. Avicultura Industrial: novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 3, n. 1, p. 1-26, 2001.

TINÔCO, I. F. F. A granja de frangos de corte. In: MENDES, A. A.; NÄÄS, I. A.; MACARI, M. **Produção de frangos de corte**. Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2004. p. 55-84.

UĞURLU, N.; ACAR, B.; TOPAK, R. Production performance of caged layer under different environmental temperature. **Archiv für geflügelkunde**, Berlin, v. 66, n. 1, p. 43-46, 2001.

UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA – Ubabef. **Protocolo de bem-estar de poedeiras**. São Paulo: UBA, 2008. 23 p. Disponível em: <<http://www.ubabef.com.br/files/publicacoes/e3fe1f75724db7e1483c5a1c780035f2.pdf>>. Acesso em: 27 jun. 2013.

VITORASSO, G.; PEREIRA, D. F. Análise comparativa do ambiente de aviários de postura com diferentes sistemas de acondicionamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 6, p. 788-794, 2009.

VOGT, L. K. **Avaliação da imunocompetência e alternativas para a modulação nutricional de frangos de corte**. 2005. 160 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

YAHAV, S.; LUGER, D.; CAHANER, A.; DOTAN, M.; RUSAL, M.; HURWITZ, S. Thermoregulation in naked neck chickens subjected to different ambient temperatures. **British Poultry Science**, Edinburgh, v. 39, p. 133-138, 1998.

YAHAV, S.; STRASCHNOW, A.; LUGER, D.; SHINDER, D.; TANNY, J; COHEN, S. Ventilation, sensible heat loss, broiler energy, and water balance under harsh environmental conditions. **Poultry Science**, Champaign, v. 83, p. 253-258, 2004.

YAHAV, S. RUSAL, M., SHINDER, D. The effect of ventilation on performance body and surface temperature of young turkeys. **Poultry Science**, Champaign, v. 87, p. 133-137, 2008.

YAHAV, S. Alleviating heat stress in domestic fowl: different strategies. **World's Poultry Science Journal**, Ithaca, v. 65, p. 719-732, dec. 2009.

YAHAV, S.; DRUYAN, S.; RUSAL, M.; SHINDER, D. Diurnally cycling temperature and ventilation affect young turkeys performance and sensible heat loss. **Journal of Thermal Biology**, Oxford, v. 36, p. 334-339, 2011.

## **CAPÍTULO 2 - SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO NO CONTROLE DO AMBIENTE TÉRMICO E NO DESEMPENHO PRODUTIVO DE GALINHAS POEDEIRAS**

**Resumo** – O estresse térmico causa a diminuição da ingestão de alimento além de perdas produtivas, tais como: diminuição do número de ovos produzidos, redução do peso dos ovos e piora na qualidade dos ovos. Verificou-se a eficiência de um sistema de climatização no controle da temperatura de um aviário de galinhas poedeiras comparando-se as variáveis relacionadas ao conforto térmico e as temperaturas superficiais de aves de um galpão climatizado e de um não climatizado, e de seus benefícios, comparando-se as variáveis de desempenho zootécnico e de qualidade de ovos. Foram registrados durante um ano, a cada 30 minutos, temperatura de bulbo seco, umidade relativa e temperatura de globo negro. Temperaturas superficiais de cristas e áreas empenadas de aves, forro e telhado foram registradas a partir de imagens termográficas, em diferentes regiões dos aviários. Mortalidade das aves, produção de ovos e consumo de ração foram registrados diariamente. Noventa ovos de cada galpão foram analisados, a cada 28 dias, para as variáveis de qualidade de ovos. O sistema de climatização foi eficiente na redução da temperatura do aviário e resultou em maior índice de ovos por ave alojada, maior peso de ovo e melhor qualidade externa de ovos em relação ao galpão não climatizado.

**Palavras-chave:** Ambiência. Avicultura de postura. Bem-estar. Qualidade de ovo. Termografia. Zootecnia de precisão.

### **1 INTRODUÇÃO**

O bem-estar animal é um dos temas mais discutidos na cadeia produtiva animal e, no que diz respeito à avicultura, muitas críticas estão voltadas para as práticas envolvidas na produção de ovos comerciais, pois pela definição de bem-estar, os produtores deveriam promover um conjunto de medidas que proporcione saúde e conforto aos animais e que evitasse estresse de qualquer natureza (MOURA et al., 2006).

A pressão de um número crescente de consumidores e organizações não governamentais preocupados com o bem-estar animal levou a opinião pública a debater e modificar os sistemas de produção de ovos nos países desenvolvidos

(MOURA et al., 2006; ALVES et al., 2007; BLOKHUIS et al., 2007; NAZARENO et al., 2011). A União Europeia aprovou a Diretiva 1999/74/CE, a qual estabelece normas mínimas relativas à proteção das galinhas poedeiras e Austrália e Nova Zelândia possuem suas próprias normas ou códigos de práticas (UBABEF, 2008). No Brasil, o Protocolo de Bem-Estar para Aves Poedeiras (UBABEF, 2008) foi criado pela necessidade de implantar boas práticas visando o bem-estar animal para atender as exigências do consumidor nacional e do mercado internacional. Entre as ações de boas práticas está o controle do ambiente térmico no interior das instalações.

Empresas produtoras de ovos têm implantado sistemas de climatização em galpões avícolas com o objetivo de reduzir a temperatura do ar interno da instalação e, dessa forma, garantir conforto térmico para as poedeiras. Nessa condição de termoneutralidade, elas gastam menor quantidade de energia para manter a temperatura corporal, possibilitando maior e melhor produção. O estresse térmico causa diminuição da ingestão de alimento e das atividades físicas, além de perdas na produção, tais como diminuição na quantidade de ovos produzidos, redução do peso dos ovos e piora na qualidade dos ovos (ALVES et al., 2007; ROZENBOIN et al., 2007; VITORASSO; PEREIRA, 2009; RENAUDEAU et al., 2012; LARA; ROSTAGNO, 2013; SILVA et al., 2013).

Além disso, o aumento da produção de calor gera um desconforto térmico nas aves, afetando sua homeostase (DAHLKE et al., 2005; FUKAYAMA et al., 2005; NASCIMENTO, 2011; YAHAV et al., 2011, GILOH et al., 2012). As aves são animais homeotérmicos e mantêm sua temperatura corporal próxima a 41°C através da perda de calor latente, via evaporação e da perda de calor sensível via radiação, convecção e condução (FURLAN; MACARI, 2002; YAHAV et al., 2004, 2008, BROSSI et al., 2008).

A perda de calor latente ocorre através da respiração. A perda de calor sensível depende da diferença entre a temperatura corporal das aves e a temperatura do ambiente. Quanto maior for esse diferencial de temperatura, mais eficiente será a transferência de calor sensível. A perda de calor sensível através da vasodilatação periférica é afetada pela presença de penas, que funcionam como isolantes térmicos, impedindo a dissipação do calor, mas é eficiente em áreas sem empenamento e ricamente vascularizadas. Aves em temperatura ambiente elevada

apresentam maiores temperaturas superficiais em crista, olhos, orelhas, barbelas, asas e pés que em regiões empenadas como cabeça, dorso, peito, coxa, sobrecoxa e cauda (DAHLKE ET AL., 2005; FUKAYAMA et al., 2005; NÄÄS et al., 2010; MOE et al., 2012). O uso de imagens termográficas tem sido amplamente utilizado para observação da temperatura superficial em aves e do ambiente em que elas estão alojadas, por ser uma técnica não invasiva, auxiliando no estudo do conforto térmico animal (YAHAV et al., 1998; NÄÄS et al., 2010; NASCIMENTO, 2011; MOE et al., 2012).

Considerando que entender e controlar as variáveis ambientais são cruciais para proporcionar o bem-estar das aves e obter um melhor desempenho produtivo, o objetivo desta pesquisa foi verificar os benefícios de um sistema de climatização evaporativo no controle da temperatura de um aviário de poedeiras, comparando-se as variáveis relacionadas ao conforto térmico ambiente e as temperaturas superficiais de poedeiras utilizando imagens termográficas, as variáveis de desempenho zootécnico e de qualidade dos ovos de poedeiras criadas no galpão climatizado com os resultados de outro galpão não climatizado.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado em condições de campo, em uma granja avícola produtora de ovos localizada em Bastos, município do estado de São Paulo, Brasil, nas coordenadas 21°55'19" de latitude sul e 50°44'02" de longitude oeste, estando a uma altitude de 445 metros. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima é Cwa, caracterizado por clima temperado úmido, com inverno seco e verão quente.

No aviário climatizado (C), foram alojadas 61.060 aves da linhagem Dekalb White. O galpão possuía 110,00 m de comprimento e 11,25 m de largura, sua estrutura era constituída de paredes de alvenaria nas laterais leste-oeste, cortinas de coloração azul na face norte-sul, telhado sem lanternim de zinco e forro do mesmo material das cortinas. O aviário possuía 14 exaustores em uma extremidade do galpão, painéis evaporativos (*pad cooling*) na extremidade oposta e sistema

vertical de gaiolas, com 3 baterias de 6 andares e gaiolas em ambos os lados. Em cada gaiola, cujas dimensões eram de 72 cm de largura e 55 cm de profundidade, foram dispostas 12 aves, caracterizando uma densidade de  $330 \text{ cm}^2/\text{ave}/\text{gaiola}$ .

No aviário não climatizado (NC), cujas dimensões eram de 110,00 m de comprimento e 9,00 m de largura, foram alojadas 37.585 aves, de mesmas linhagem e idade das aves do aviário climatizado. A estrutura era constituída de paredes de alvenaria e zinco nas laterais leste-oeste sem cortinas nas faces norte-sul e telhado de zinco, sem lanternim e sem forro. Possuía 2 baterias de 6 andares e gaiolas em ambos os lados. Uma bateria era composta por gaiolas de polietileno, cujas dimensões eram de 60 cm de largura e 53 cm de profundidade e foram dispostas 10 aves (densidade de  $318 \text{ cm}^2/\text{ave}/\text{gaiola}$ ). A outra bateria era composta por gaiolas de arame, de 60 cm de largura e 60 cm de profundidade, com 10 aves (densidade de  $360 \text{ cm}^2/\text{ave}/\text{gaiola}$ ).

As aves receberam as mesmas rações, denominadas Postura 1, de 22 a 51 semanas de idade e Postura 2, de 52 a 63 semanas. A partir de 64 semanas, as aves do aviário climatizado receberam ração Postura 3 e as aves do galpão não climatizado continuaram a receber ração Postura 2 até o final do monitoramento, com 74 semanas de idade. A Tabela 1 apresenta os níveis nutricionais das rações fornecidas.

**Tabela 1.** Composição percentual das rações utilizadas para as aves durante a pesquisa.

<b>Ingredientes</b>	<b>Postura 1 (P1)</b>	<b>Postura 2 (P2)</b>	<b>Postura 3 (P3)</b>
Milho	63,250	62,700	63,420
Farelo de soja	22,500	21,000	18,500
Farelo de trigo	-	1,500	3,000
Farinha de carne	4,500	3,500	3,000
Calcário fino	4,000	4,000	4,500
Calcário granulado	4,800	6,250	6,500
Sal	0,350	0,350	0,375
DL-Metionina	0,040	0,050	0,025
L-Lisina	0,080	0,100	0,130
L-Treonina	-	0,060	0,060
Suplemento poedeiras	0,400 <sup>(1)</sup>	0,400	0,400
Carbohidrase	0,030	0,030	0,030
Fitase	0,005	0,005	0,005
Antifúngico	0,050	0,050	0,050
Probiótico	-	0,005	0,005
<b>Total</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>
<b>Nutrientes calculados</b>			
Energia metabolizável (Kcal/kg)	2845,797	2805,591	2792,056
Proteína bruta (%)	17,500	16,617	15,551
Ácido linoleico (%)	1,387	1,385	1,402
Fibra bruta (%)	2,718	2,741	2,735
Cálcio (%)	4,153	4,571	4,785
Fósforo total (%)	0,687	0,626	0,595
Fósforo disponível (%)	0,486	0,422	0,390
Lisina total (%)	0,952	0,915	0,869
Lisina digestível (%)	0,863	0,830	0,789
Metionina total (%)	0,359	0,357	0,319
Metionina digestível (%)	0,334	0,333	0,296
Metionina+Cistina total (%)	0,658	0,643	0,590
Metionina+Cistina Digestível (%)	0,585	0,573	0,524
Triptofano total (%)	0,199	0,190	0,176
Triptofano digestível (%)	0,178	0,170	0,157
Treonina total (%)	0,672	0,698	0,657
Treonina digestível (%)	0,578	0,609	0,572
Sódio (%)	0,174	0,169	0,176
Cloro (%)	0,285	0,279	0,291

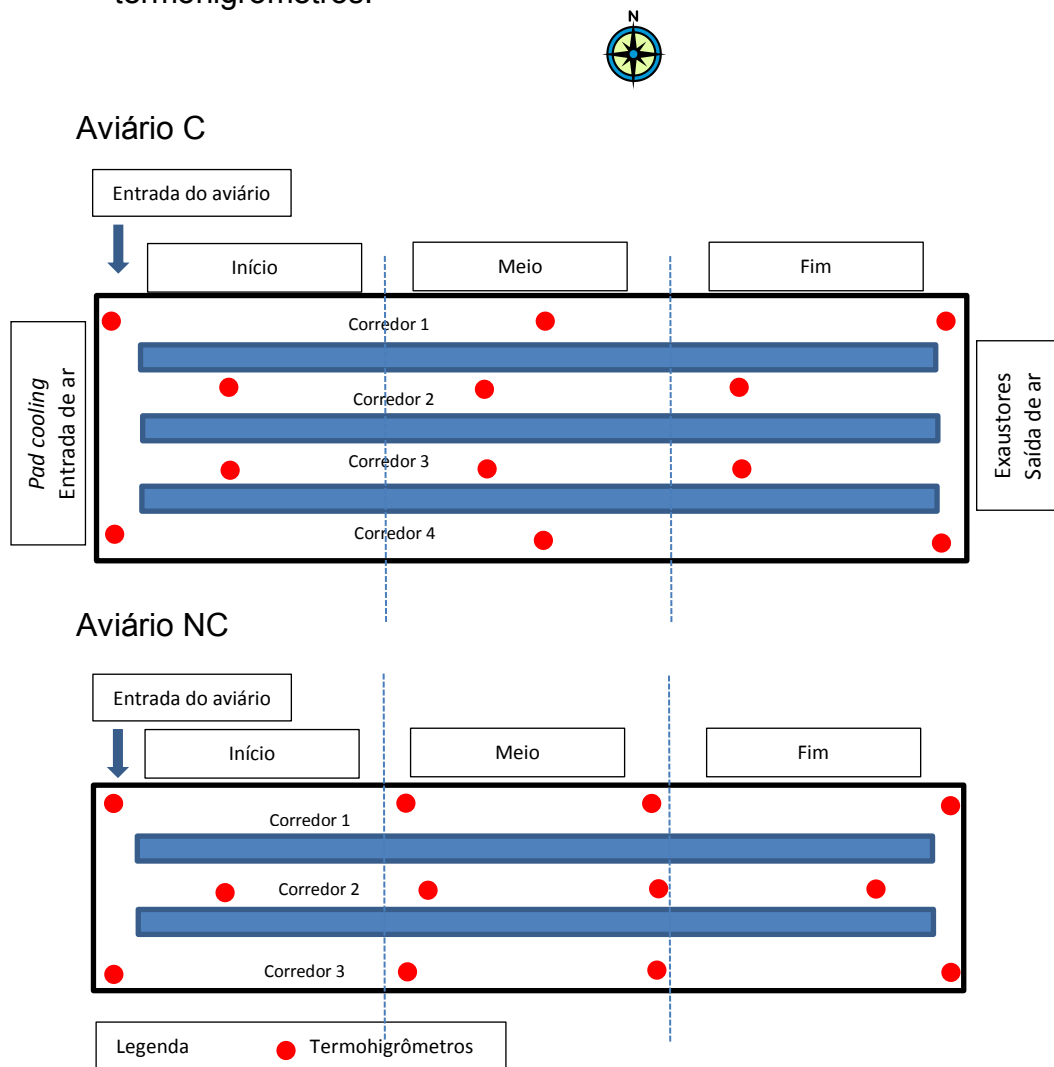
<sup>(1)</sup>Suplemento vitamínico-mineral-aminoácido com 0,125 kg metionina por kg de produto.

Ambos os aviários foram monitorados simultaneamente durante o período de um ano.

## 2.1 Avaliação do ambiente térmico no interior das instalações

Os valores de temperatura de bulbo seco (TBS), umidade relativa (UR) e temperatura de globo negro (TGN) foram coletados por meio de 12 termohigrômetros HOB0® (Onset, Bourne, Massachusetts, EUA) instalados dentro dos aviários, em pontos equidistantes em todos os corredores dos galpões (Figura 1).

**Figura 1** - Representação das regiões e corredores dos aviários e localização dos termohigrômetros.



O Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) foi calculado a partir dos dados coletados, usando a Equação 1 (BUFFINGTON et al., 1981):

$$ITGU = TGN + 0,36 * TPO - 330,08 \quad (\text{Equação 1})$$

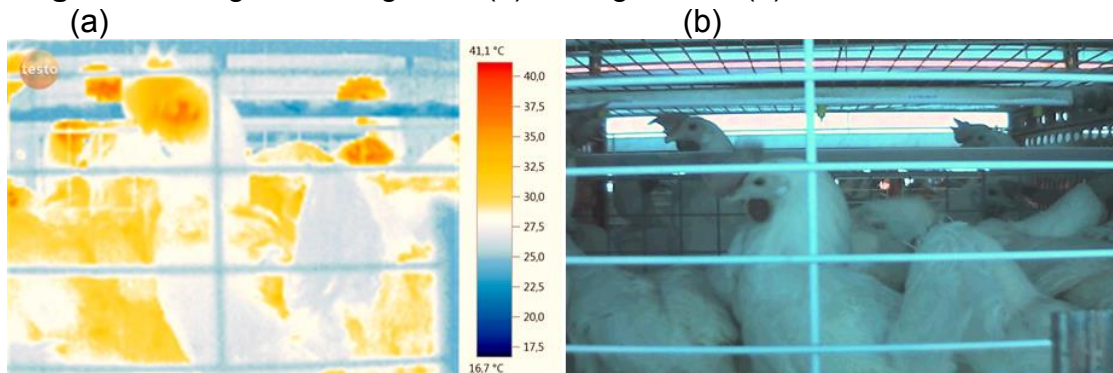
onde: TGN é a temperatura de globo negro (K) e TPO é a temperatura do ponto de orvalho (K), calculado pela temperatura de bulbo seco e umidade relativa empregando equações psicrométricas.

Utilizaram-se os dados compreendidos entre o período de 02/04/2013 a 30/04/2014 e comparou-se pelo teste não paramétrico de Mann-Whitney a 5% de significância.

## 2.2 Determinação das temperaturas superficiais de aves e instalações

As temperaturas superficiais de cristas e áreas empenadas foram registradas a partir de imagens termográficas (Figura 2) das aves de duas gaiolas do primeiro, quarto e sexto andares das baterias, em cada corredor, por regiões denominadas “Início”, “Meio” e “Fim”, com o auxílio de uma câmera termográfica infravermelha modelo Testo-880<sup>®</sup> (Testo AG, Titisee, Alemanha) com precisão de  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ , no galpão climatizado e de outra câmera modelo Testo-875<sup>®</sup> com mesma precisão no galpão não climatizado. O registro dos dados ocorreu simultaneamente em ambos os aviários, em um dia, entre 13h00 e 15h00.

**Figura 2** - Imagem termográfica (a) e imagem real (b).



Fonte: Do próprio autor

Para todas as imagens a emissividade utilizada tanto para a crista como para as partes cobertas por penas foi de 0,95, conforme preconiza Nascimento (2011). A câmera termográfica foi colocada a uma distância aproximada de 1 metro das superfícies avaliadas, seguindo procedimento adotado por Nääs et al. (2010).

As temperaturas de superfície do forro do galpão climatizado e de telhado do aviário não climatizado foram analisadas a partir das imagens termográficas registradas em todos os corredores de ambos os galpões, nas três regiões (Início, Meio e Fim), coletando-se 30 pontos por área, para verificar o efeito da insolação. Foram utilizados valores de emissividade de 0,94 e 0,43, respectivamente, conforme orientação do fabricante Testo®.

Foi estabelecida uma base de dados de temperaturas superficiais de área empenadas e não empenadas das aves e das diferentes superfícies monitoradas nos galpões. Primeiramente, aplicou-se o teste Kruskal-Wallis a 5% de significância e, quando se observou diferenças, aplicou-se o teste Tukey a 5% de significância para encontrar essas diferenças.

### 2.3 Avaliação do desempenho zootécnico

A coleta de ovos em ambos os galpões foi realizada diariamente e a quantidade total de ovos de cada galpão foi registrada para determinação da produção total de ovos e porcentagem de postura (em função do número de aves alojadas), usando a Equação 2:

$$P = \left\{ \frac{(O_s / A_s)}{7} \right\} * 100$$

(Equação 2)

onde: P é a produção de ovos (%),  $O_s$  é o número de ovos produzidos na semana e  $A_s$  é o número total de aves na semana.

O número de aves mortas de cada galpão foi anotado diariamente para a determinação da viabilidade total dos lotes (em função do número de aves alojadas), descrito pela Equação 3:

$$V = \left( \frac{A_t - A_s}{A_t} \right) * 100 \quad (\text{Equação 3})$$

onde: V é a viabilidade (%),  $A_t$  é o número de aves alojadas e  $A_s$  é o número de aves mortas na semana.

O índice de ovos por ave alojada é o número de ovos que cada ave produziu durante sua vida produtiva e, no caso deste estudo, foi determinado a partir do número acumulado de ovos produzidos de 18 até 74 semanas, período em que foram analisados os dados, e do número de aves alojadas em cada aviário (Equação 4):

$$OAA = OA/AA \quad (\text{Equação 4})$$

onde: OAA é o índice de ovos por ave alojada, OA é o número acumulado de ovos produzidos por semana e AA é o número de aves alojadas inicialmente no galpão.

Para o cálculo de consumo de ração por ave alojada, foram registrados os abastecimentos do silo de ração de cada aviário (Equação 5):

$$CR_t = \frac{\sum(CR_d * 7)}{1000} \quad (\text{Equação 5})$$

onde:  $CR_t$  é o consumo de ração total de cada ave alojada (kg/ave alojada) e  $CR_d$  é o consumo de ração diária de cada ave (g/ave).

O consumo de ração diário foi calculado a partir da Equação 6:

$$CR_d = \left\{ \left( \frac{CR_s}{7 * A} \right) \right\} * 1000 \quad (\text{Equação 6})$$

onde:  $CR_s$  é a quantidade de ração abastecida no silo (kg) na semana e A é o número de aves totalizado na semana.

## **2.4 Avaliação da qualidade dos ovos**

Noventa ovos foram coletados em pontos aleatórios em todo o galpão, a cada 28 dias, em cada um dos galpões. As análises foram realizadas na máquina modelo DET 6000 (NABEL Co. Ltd., Kyoto, Japão) a qual forneceu valores precisos dos parâmetros de peso, resistência da casca, espessura da casca e Unidade Haugh.

Os dados de qualidade dos ovos foram submetidos ao teste Tukey a 5% de significância para comparar diferenças entre os galpões.

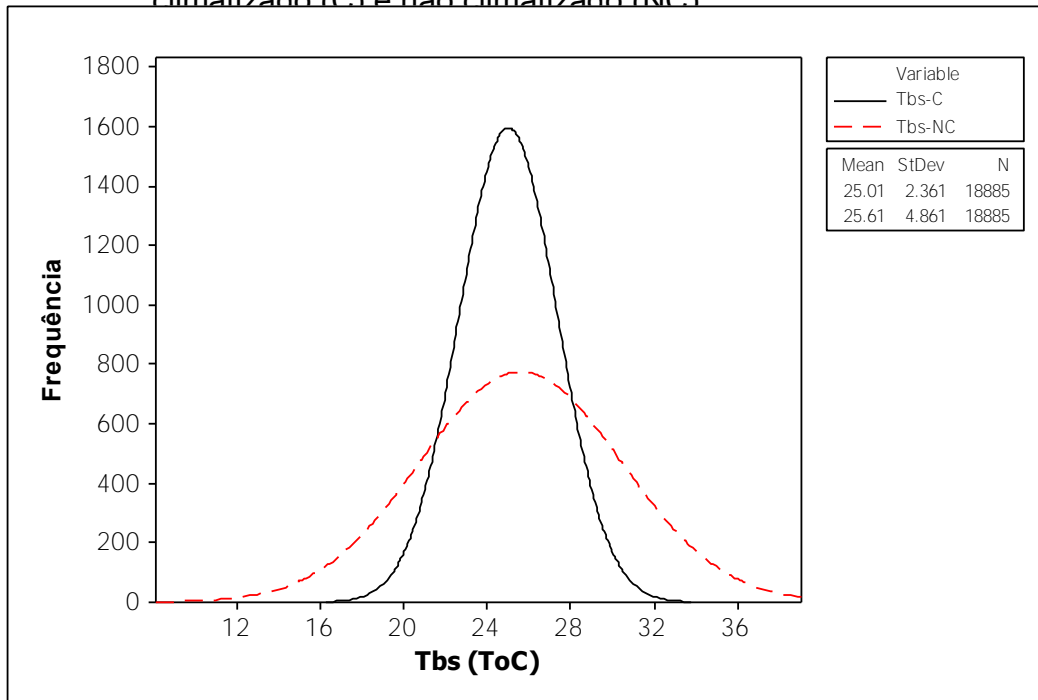
Todos os dados foram coletados no período de 02/04/2013 a 30/04/2014.

## **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

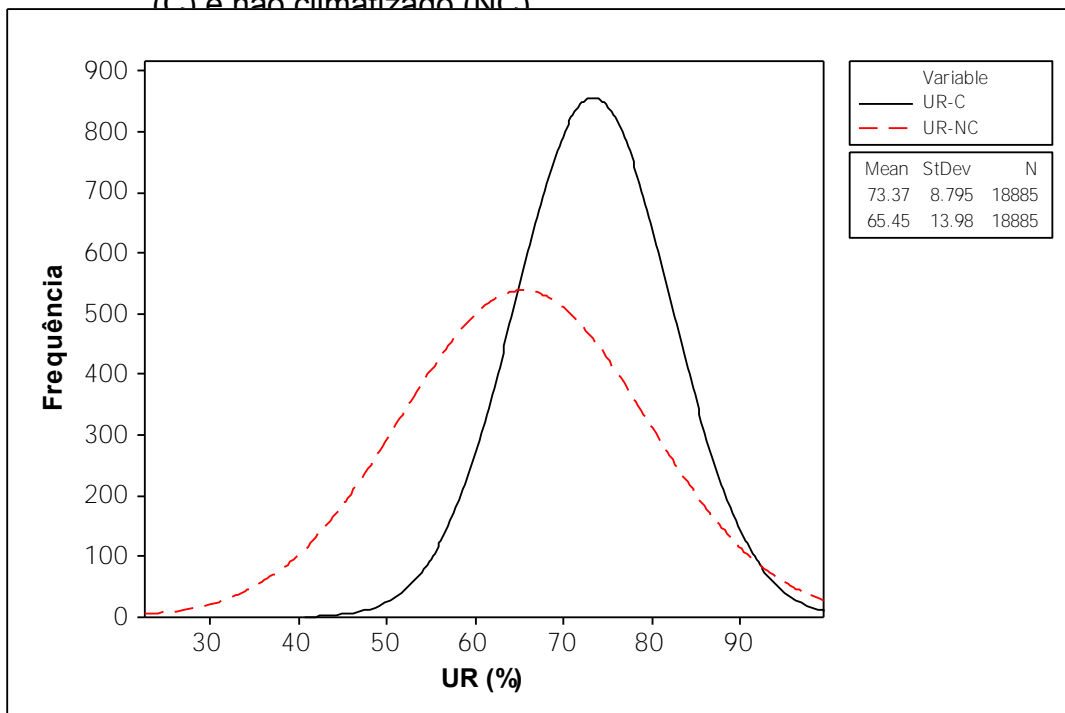
### **3.1 Análise do ambiente térmico**

Observa-se nos gráficos que o galpão climatizado teve uma variação menor do ambiente térmico para as variáveis monitoradas nesta pesquisa (Figuras 3, 4, 5 e 6).

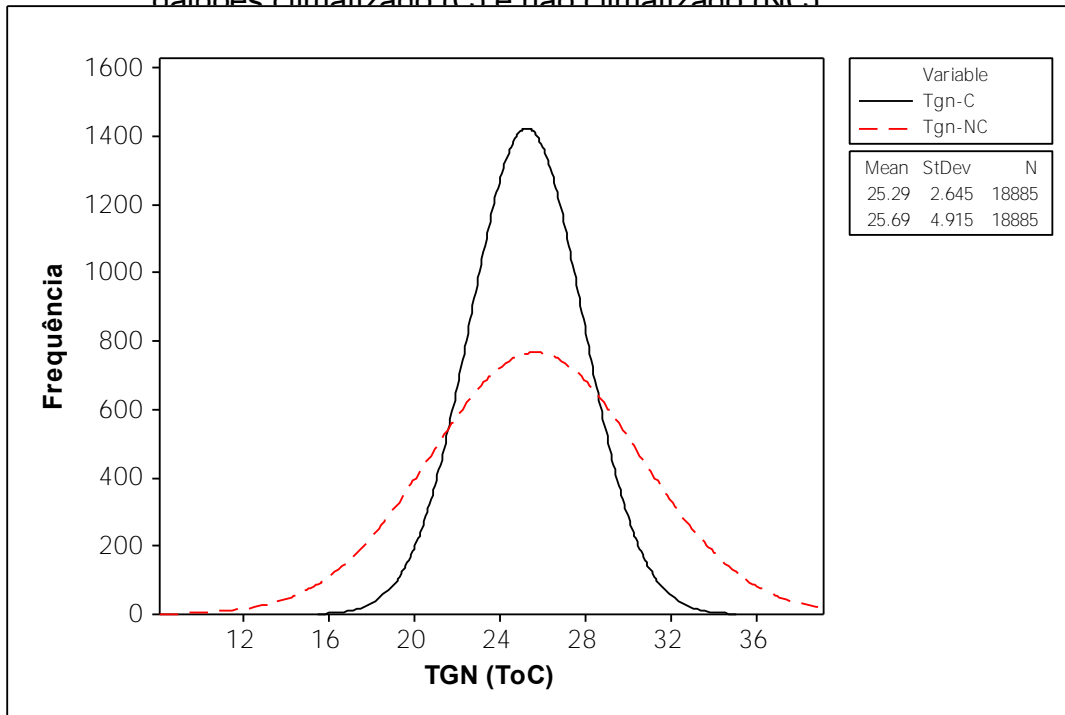
**Figura 3** - Histograma dos valores de temperatura do ar (Tbs) nos galpões climatizado (C) e não climatizado (NC)



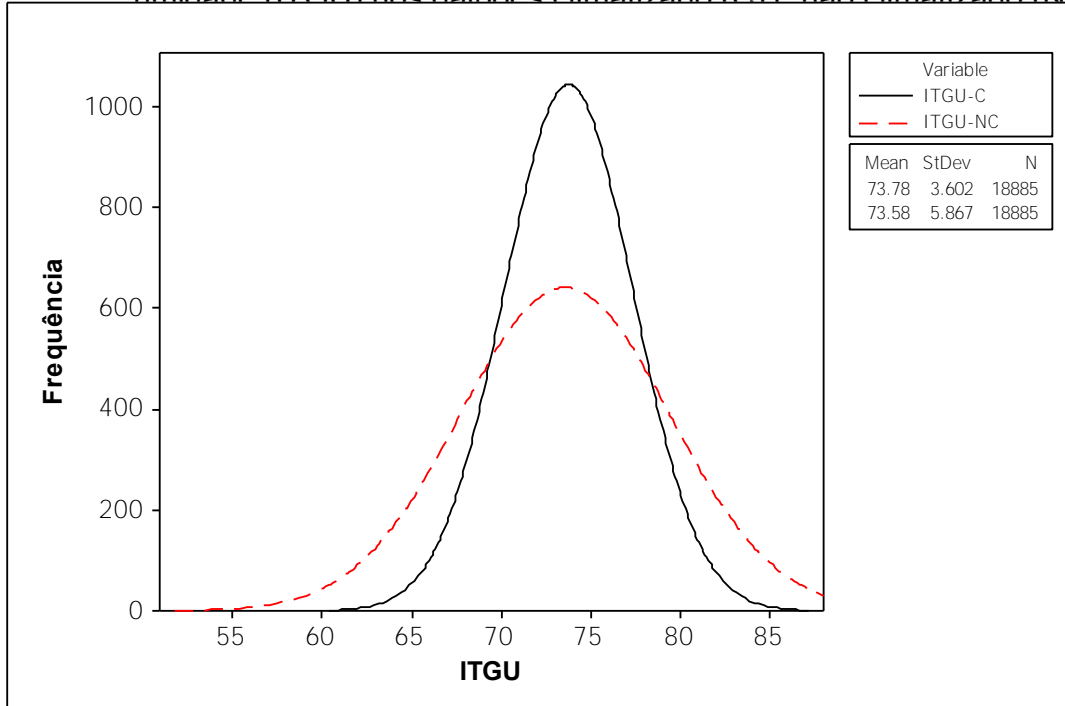
**Figura 4** - Histograma dos valores de umidade relativa (UR) nos galpões climatizado (C) e não climatizado (NC)



**Figura 5** - Histograma dos valores de temperatura de globo negro (TGN) nos galpões climatizado (C) e não climatizado (NC).



**Figura 6** - Histograma dos valores de índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) nos galpões climatizado (C) e não climatizado (NC).



Apesar das diferenças na distribuição dos dados apresentados nas figuras anteriores, não houve diferença no ITGU ( $p > 0,05$ ) entre os galpões, quando se analisou os dados acumulados durante o ano. Assim, optou-se por aplicar o teste estatístico para subconjuntos de dados agrupados por estações do ano (Tabela 2).

**Tabela 2** - Diferenças entre as variáveis do ambiente térmico nos galpões climatizado e não climatizado em todo o período da pesquisa e por estação do ano.

Estação do ano	Variável	Galpão	
		Climatizado	Não climatizado
Total	Temperatura do ar (°C)	24,929 <sup>b</sup>	25,423 <sup>a</sup>
	Umidade Relativa (%)	74,373 <sup>a</sup>	67,891 <sup>b</sup>
	Temperatura de globo negro (°C)	25,168 <sup>b</sup>	25,454 <sup>a</sup>
	ITGU	73,887	73,806
Outono	Temperatura do ar (°C)	24,533	24,468
	Umidade Relativa (%)	75,358 <sup>a</sup>	72,314 <sup>b</sup>
	Temperatura de globo negro (°C)	24,869 <sup>a</sup>	24,526 <sup>b</sup>
	ITGU	73,520 <sup>a</sup>	73,022 <sup>b</sup>
Inverno	Temperatura do ar (°C)	24,561 <sup>a</sup>	22,803 <sup>b</sup>
	Umidade Relativa (%)	67,649 <sup>a</sup>	61,058 <sup>b</sup>
	Temperatura de globo negro (°C)	24,821 <sup>a</sup>	22,813 <sup>b</sup>
	ITGU	72,534 <sup>a</sup>	69,726 <sup>b</sup>
Primavera	Temperatura do ar (°C)	24,700 <sup>b</sup>	25,939 <sup>a</sup>
	Umidade Relativa (%)	76,306 <sup>a</sup>	66,691 <sup>b</sup>
	Temperatura de globo negro (°C)	24,690 <sup>b</sup>	26,032 <sup>a</sup>
	ITGU	73,492 <sup>b</sup>	74,514 <sup>a</sup>
Verão	Temperatura do ar (°C)	26,054 <sup>b</sup>	27,469 <sup>a</sup>
	Umidade Relativa (%)	76,491 <sup>a</sup>	68,442 <sup>b</sup>
	Temperatura de globo negro (°C)	26,601 <sup>b</sup>	27,430 <sup>a</sup>
	ITGU	75,952 <sup>b</sup>	76,547 <sup>a</sup>

Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa (5%) no teste de Mann-Whitney.

As variáveis de temperatura do ar e temperatura de globo negro foram menores ( $p < 0,05$ ) no galpão climatizado quando comparado com o galpão não climatizado, confirmando a eficiência do sistema na redução da temperatura (Tabela 2). Porém, como era esperada, a umidade relativa no galpão climatizado foi maior ( $p < 0,05$ ) que no galpão não climatizado. Os resultados corroboram com os observados por Silva et al. (2013).

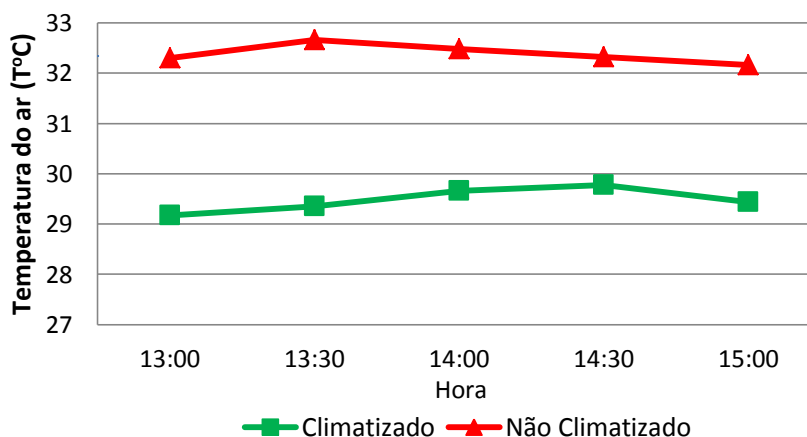
Para o ITGU, quando analisado por estações do ano (outono, inverno, primavera e verão), apresentou diferenças ( $p < 0,05$ ) em todas as estações. Na primavera e no verão, o ITGU no galpão climatizado foi menor ( $p < 0,05$ ) em relação ao aviário não climatizado. E no outono e inverno, foi maior ( $p < 0,05$ ), corroborando com os gráficos de distribuição de frequência, mostrando variação menor nas condições ambientais internas quando comparado com o galpão não climatizado.

Medeiros et al. (2005) verificaram que aves em ambiente onde o ITGU situa-se entre 69 e 77 apresentam maior produtividade e melhores parâmetros zootécnicos. No inverno, como o ITGU médio do galpão não climatizado estava no limite mínimo da zona de conforto térmico, verificou-se que o menor valor de ITGU registrado foi de 51,635 em 24/07/2013 e as aves tenham sofrido estresse por frio. E, no verão, como o valor de ITGU médio no galpão não climatizado ficou próximo ao limite máximo da zona de conforto térmico, verificou-se que o maior valor de ITGU registrado foi de 87,319, em 24/01/2014, e as aves tenham sofrido estresse por calor.

### 3.2 Análise das imagens termográficas

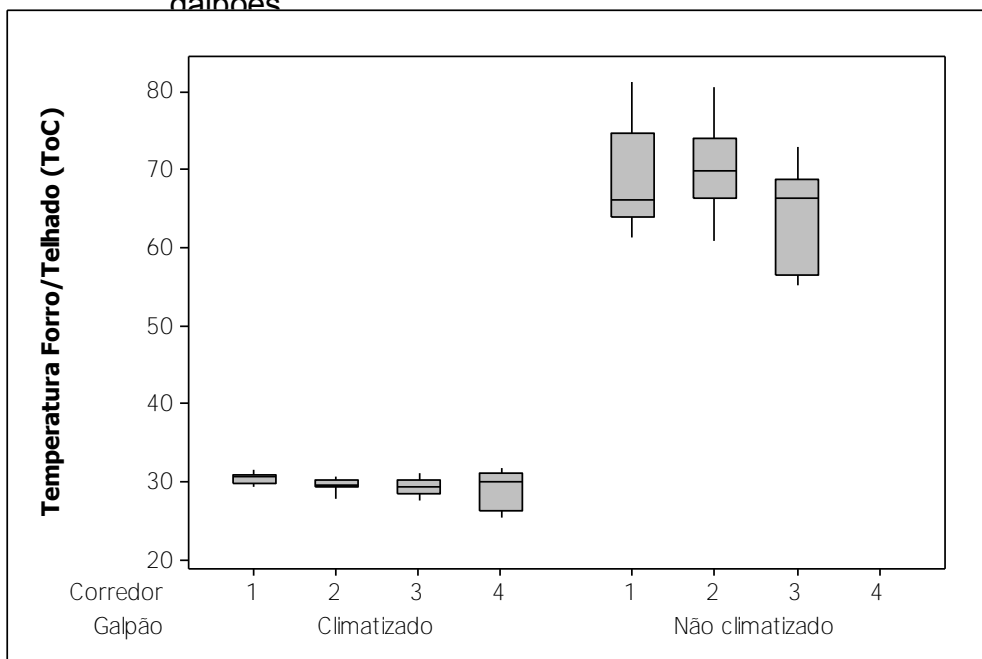
Os valores de temperatura do ar no galpão climatizado no dia do registro das imagens termográficas foram inferiores à do não climatizado, confirmando a eficiência do sistema na redução da temperatura (Figura 7).

**Figura 7** - Gráfico de temperatura do ar ( $T^{\circ}\text{C}$ ) em função da hora do dia durante o tempo de coleta das imagens termográficas.



O galpão climatizado, que possui forro, apresentou temperatura inferior à do telhado no galpão não climatizado, onde as temperaturas atingiram 50 a 70°C (Figura 8). De acordo com Czarick III e Fairchild (2008), as altas temperaturas observadas no telhado do aviário não climatizado eram esperadas, devido ao material utilizado, elevando a temperatura do ar no galpão e a radiação térmica que incide sobre as aves. O uso de forros seria uma alternativa para minimizar essa radiação.

**Figura 8** - Gráfico *boxplot* das temperaturas de forro e telhado nos diferentes galpões



As Tabelas 3, 4 e 5 apresentam as medianas de temperaturas de cristas e penas em diferentes regiões dos galpões analisados, nos sentidos transversal (corredores) e longitudinal (Início, Meio e Fim) e por andar (1, 4 e 6), respectivamente.

**Tabela 3** - Medianas das temperaturas de cristas e penas das aves nas diferentes regiões no sentido transversal de ambos os galpões (T°C).

	Corredor	Galpão	
		Climatizado	Não climatizado
Cristas	1	34,140±2,227 <sup>AB</sup>	40,254±0,718 <sup>B</sup>
	2	33,974±2,670 <sup>AB</sup>	40,472±0,541 <sup>A</sup>
	3	33,184±2,968 <sup>B</sup>	40,574±0,477 <sup>A</sup>
	4	34,533±2,725 <sup>A</sup>	-
Penas	1	28,956±2,521	35,432±1,097 <sup>A</sup>
	2	29,306±1,395	34,795±1,018 <sup>B</sup>
	3	29,009±1,660	35,265±0,953 <sup>A</sup>
	4	29,001±2,183	-

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa (5%) no teste Tukey.

A temperatura de cristas das aves alojadas no corredor 4 do galpão climatizado foi maior ( $p < 0,05$ ) que das aves dos demais corredores no galpão climatizado e, no galpão não climatizado, nos corredores 2 e 3, foram maiores ( $p < 0,05$ ) que no corredor 1.

Para os valores de temperatura de áreas empenadas, não houve diferença ( $p > 0,05$ ) nos diferentes corredores do galpão climatizado. O resultado mostra que o sistema de climatização minimiza as variações de temperatura nos diferentes corredores, observadas no galpão não climatizado. No aviário não climatizado as aves alojadas nos corredores 1 e 3 apresentaram temperaturas de penas maiores ( $p < 0,05$ ) em relação ao corredor 2.

**Tabela 4** - Medianas das temperaturas de cristas e penas das aves nas diferentes regiões no sentido longitudinal de ambos os galpões (T°C).

	Região	Galpão	
		Climatizado	Não climatizado
Cristas	Início	31,580±2,803 <sup>C</sup>	40,489±0,498
	Meio	33,867±2,397 <sup>B</sup>	40,371±0,698
	Fim	35,123±1,511 <sup>A</sup>	40,544±0,588
Penas	Início	27,109±1,464 <sup>C</sup>	35,186±1,016
	Meio	29,590±0,970 <sup>B</sup>	34,864±1,080
	Fim	30,578±0,915 <sup>A</sup>	34,993±1,080

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa (5%) no teste Tukey.

As temperaturas de cristas e penas no galpão climatizado apresentaram diferenças ( $p < 0,05$ ) entre as diferentes regiões do galpão, sendo mais baixas no Início e mais elevadas no Fim, pois o “Início” corresponde à região próxima ao *pad cooling* (entrada de ar) e o “Fim” à região próxima aos exaustores (saída de ar). O ar mais quente no final do galpão, próximo aos exaustores, é devido ao aquecimento que ocorre durante o percurso principalmente pela radiação das aves e outras fontes como o calor do ambiente externo irradiado para o interior do galpão, de equipamentos, lâmpadas, entre outras fontes menores (MIRAGLIOTTA et al., 2006; DAMASCENO et al., 2010; SILVA et al., 2013).

Não se observou diferenças de temperaturas de cristas e penas ( $p > 0,05$ ) entre as regiões do galpão não climatizado.

**Tabela 5** - Medianas das temperaturas de cristas e penas das aves em diferentes andares de ambos os galpões (T°C).

	Andar	Galpão	
		Climatizado	Não climatizado
Cristas	1	33,932±2,591 <sup>A</sup>	40,330±0,544 <sup>B</sup>
	4	33,838±2,887 <sup>AB</sup>	40,471±0,670 <sup>AB</sup>
	6	33,140±2,394 <sup>B</sup>	40,620±0,544 <sup>A</sup>
Penas	1	28,966±2,025	35,380±0,985 <sup>A</sup>
	4	29,214±2,019	34,822±0,887 <sup>B</sup>
	6	29,082±1,443	34,834±1,163 <sup>B</sup>

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa (5%) no teste Tukey.

A temperatura de cristas foi maior ( $p < 0,05$ ) no Andar 1 do galpão climatizado em relação ao Andar 6 e no galpão não climatizado, as aves alojadas no sexto andar

apresentaram temperatura de crista mais alta ( $p < 0,05$ ) que o primeiro andar. Não houve diferença de temperatura de penas ( $p > 0,05$ ) entre os andares analisados para o galpão climatizado, confirmando que o sistema de climatização pode minimizar as variações de temperatura ambiente entre os andares, observadas no galpão não climatizado, onde a temperatura de penas foi maior ( $p < 0,05$ ) no primeiro andar. A temperatura mais elevada de cristas nas aves do último andar do aviário não climatizado pode ser em decorrência da incidência da radiação térmica do telhado sobre as aves, devido às altas temperaturas observadas na Figura 8.

Para todos os setores analisados (região, corredor, andar) de ambos os galpões, verifica-se que as aves do galpão climatizado apresentaram temperaturas de crista e áreas empenadas menores ( $p < 0,05$ ) que as do não climatizado (Tabela 6).

**Tabela 6** - Comparação entre medianas das temperaturas de cristas e penas em ambos os galpões ( $T^{\circ}\text{C}$ ).

	Climatizado	Não climatizado
Cristas	33,7±2,7 <sup>B</sup>	40,5±0,6 <sup>A</sup>
Penas	29,1±1,9 <sup>B</sup>	35,0±1,1 <sup>A</sup>

Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa (5%) no teste Tukey.

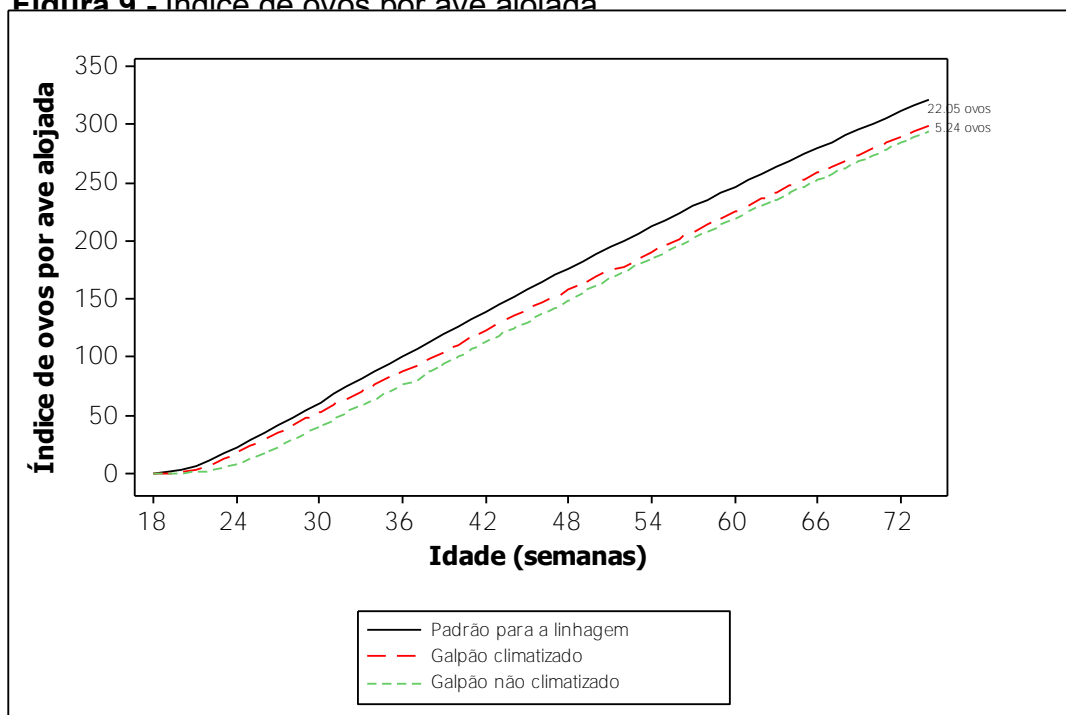
A maior diferença entre as temperaturas do ar e corporal das aves permite que a troca sensível de calor seja eficiente no aviário climatizado. O estresse por calor promove alterações fisiológicas, tais como vasodilatação periférica para a manutenção da homeostase térmica, ocorrendo elevação da temperatura superficial das áreas desprovidas de penas e vascularizadas como cristas, mais eficientes para a dissipação do calor.

Os resultados corroboram com Dahlke et al. (2005) que observaram que a temperatura corporal de frangos criados em temperatura termoneutra ( $24^{\circ}\text{C}$ ) apresentaram menores temperaturas superficiais que os animais criados em ambiente de 3 a  $9^{\circ}\text{C}$  acima da temperatura termoneutra; Nascimento (2011), que comparou as temperaturas superficiais de frangos em três diferentes temperaturas do ar e observou que a temperatura superficial média de frangos de corte elevou com o aumento da temperatura do ar e Giloh et al. (2012), que observaram aumento das temperaturas superficial da face e corporal das aves, em resposta à elevação da temperatura ambiente.

### 3.3 Análise do desempenho zootécnico

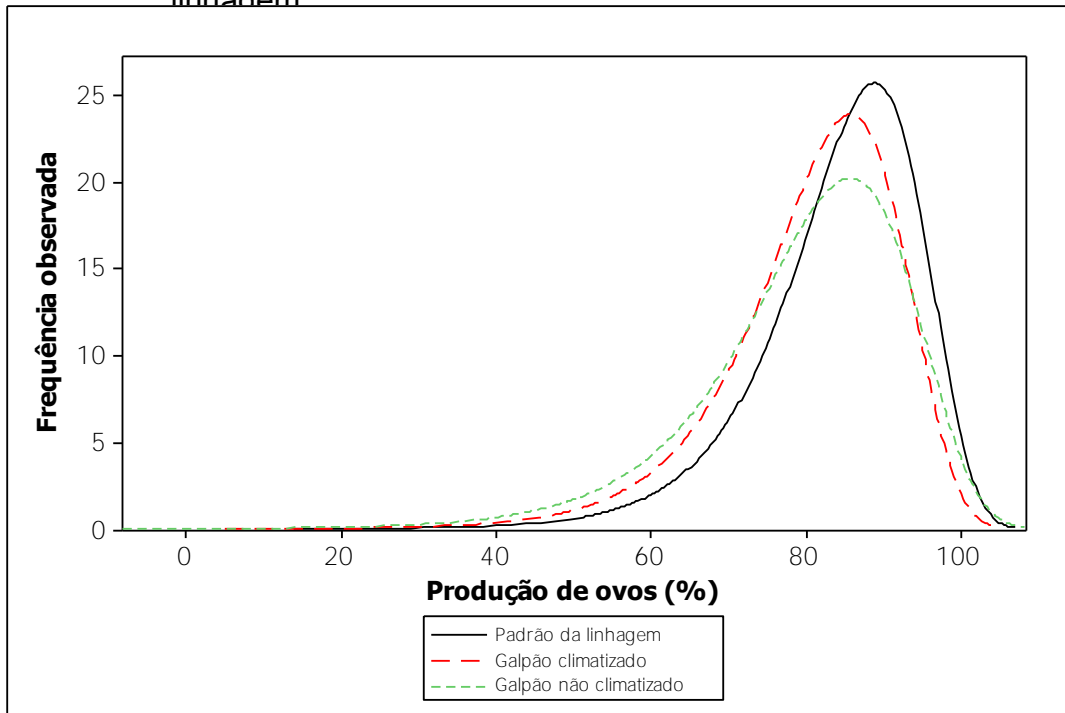
Comparando-se o índice de ovos por ave alojada entre os galpões, as aves do galpão com sistema climatizado produziram 5,24 ovos a mais em relação às do galpão não climatizado. Em relação ao padrão da linhagem, produziram 22,05 ovos a menos e as aves do aviário não climatizado produziram 27,29 ovos a menos (Figura 9).

**Figura 9 - Índice de ovos por ave alojada**

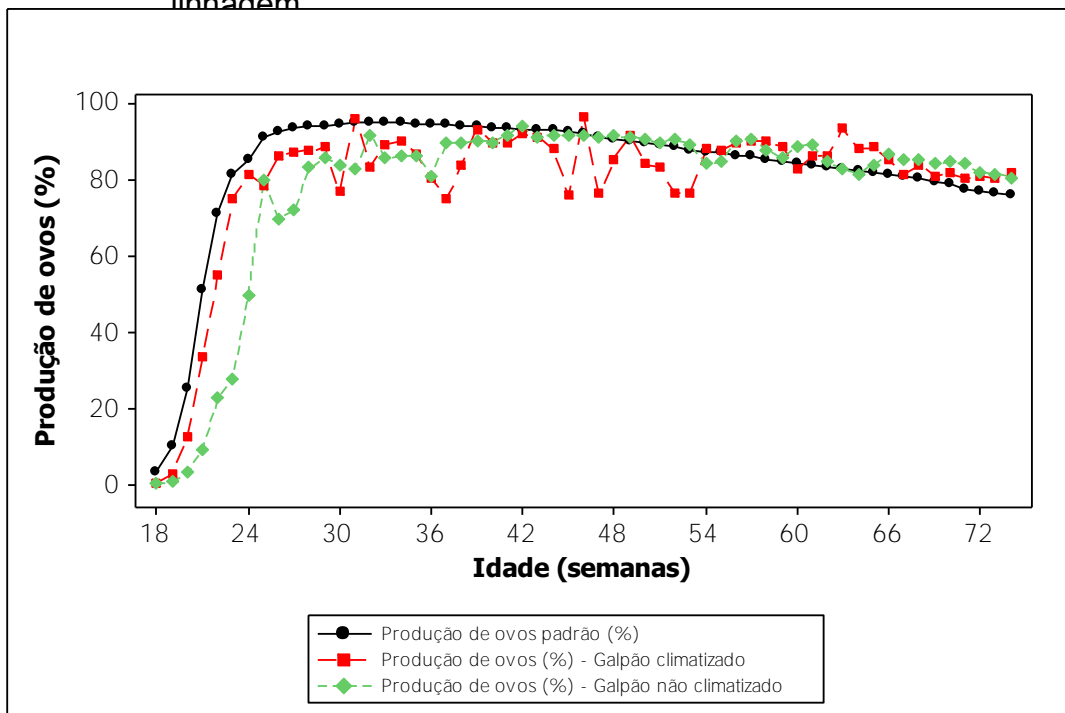


Em relação à produção de ovos, observou-se uma curva de produção melhor no aviário climatizado que no não climatizado. Esse ganho produtivo decorre do ambiente térmico ter sido controlado pelo sistema de climatização, o que permitiu um desempenho melhor dessas aves (Figuras 10 e 11). Mack et al (2013) avaliaram respostas produtivas de poedeiras comerciais sob condições de estresse calórico (32,6°C) ou controle (24,3°C), com mesma umidade relativa (30 a 40%), durante 9 dias. Os autores verificaram redução na produção de ovos devido ao estresse térmico.

**Figura 10** - Histograma da produção de ovos nos diferentes galpões e o padrão da linhagem



**Figura 11** - Produção de ovos (%) por semana nos diferentes aviários e o padrão da linhagem



Todavia, a produção em ambos os galpões foi inferior à curva padrão (Figura 11), indicando que as aves não expressaram todo o seu potencial. Os resultados discordam de Silva et al. (2013). Os autores observaram que as aves em galpão climatizado produziram 12,04% mais que o previsto no manual da linhagem e a

produção no aviário não climatizado foi 1,65% abaixo do padrão. O desempenho abaixo do esperado para o galpão climatizado decorre de vários episódios de falha no fornecimento de energia elétrica para o funcionamento dos exaustores, observados durante o experimento, levando à mortalidade acima do padrão da linhagem e quedas na produção de ovos ao longo de todo o período da pesquisa.

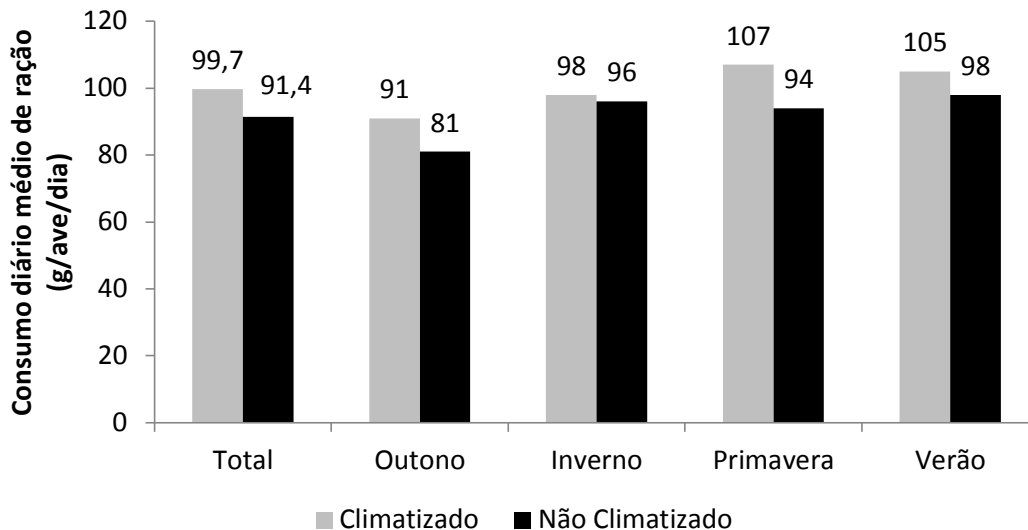
Em uma série de experimentos conduzidos por Farnell et al. (2001), aves Leghorn brancas foram separadas em dois grupos, sendo um controle (sob temperaturas entre 10 a 24°C) e outro submetido ao estresse térmico (34 a 37°C) durante 13 semanas. Foram coletados ovos de ambos os grupos aos 8 a 14 dias de experimento e observou-se que a média de produção/ave/dia das aves sob condições de estresse térmico foi 24,1% menor que as aves do grupo controle. Em outro experimento, os ovos foram coletados de ambos os grupos entre os dias 30 e 42 dias de estudo e verificou-se média de produção/ave/dia de 39,1% a menos para as aves em estresse calórico. Em um terceiro experimento, a coleta de ovos ocorreu entre os dias 43 e 56 de estudo e a produção das aves do grupo sob estresse calórico foi 70,6% inferior ao grupo controle. Deng et al. (2012) observaram menor produção de ovos em poedeiras vermelhas com 60 semanas de idade submetidas à temperatura de 34°C por 12 dias em relação ao grupo controle (21°C), de 50,69% para o primeiro grupo e 79,51% para o segundo.

Nota-se ainda um atraso no início de produção em ambos os galpões (Figura 11), sendo que este atraso foi mais acentuado para as aves criadas no aviário não climatizado, possivelmente em decorrência de um balanço energético negativo. As aves neste galpão estavam consumindo em média, entre 18 e 24 semanas de idade, 64,57 g/ave/dia. Na ração fornecida (Tabela 1), a energia metabolizável (EM) era de 2845,8 kcal/kg e, portanto, as aves estavam consumindo 183,7 kcal/ave/dia. De acordo com o manual de manejo da linhagem (PLANALTO, 2011), a recomendação para aves em início de postura é de 290-310 kcal/ave/dia, ou seja, as aves, além de consumirem energia para manter sua temperatura corporal, pois o ITGU nesse período chegou ao máximo de 82,94, estavam consumindo 63% da energia recomendada, resultando em atraso no início de produção e queda de postura quando as aves estavam chegando ao pico de postura. O mesmo pode ser observado na curva do climatizado, porém com menor intensidade, pois as aves consumiram em média 75,99 g/ave/dia e 216,2 kcal/ave/dia e estavam em um

ambiente termoneutro, onde o ITGU máximo foi 77,65, não perdendo energia para manter sua homeostase.

As aves do aviário não climatizado consumiram menos ração que as aves do climatizado em todas as estações do ano, e essa diferença chegou a 12% na primavera e diminuiu no inverno para 2% (Figura 12).

**Figura 12** - Consumo médio diário de ração por ave (g/ave/dia) nos diferentes galpões em todo o período da pesquisa e por estação do ano.



Os resultados concordam com Kirunda et al. (2001) e Mashaly et al. (2004). Em um experimento conduzido para determinar os efeitos adversos do estresse térmico (35°C, 50% UR, por 5 semanas) sobre consumo de ração, produção de ovos e qualidade de ovos em poedeiras comerciais, os autores observaram redução significativa do consumo como resposta primária ao estresse e em consequência, reduziu-se a disponibilidade de nutrientes para a produção de ovos. O consumo de ração também foi significativamente menor em aves expostas a 31°C em comparação àquelas expostas a 23 e 27°C, mas não houve diferenças entre as produções no estudo conduzido por Yoshida et al. (2011).

De acordo com Nascimento e Silva (2013) e Lin et al. (2004) o estresse térmico sobre as aves reduz o consumo de ração, na tentativa das mesmas em diminuir a produção de calor interno, pois tanto a digestão quanto a absorção dos nutrientes geram energia denominado “incremento calórico”. Ocorre uma redução na ingestão de nutrientes que afeta a produtividade das aves, diminuindo a produção de ovos e o peso dos ovos (UĞURLU et al., 2001), chegando a cessar devido à atresia

de folículos ovarianos (MUMMA et al., 2006) e depressão das funções ovarianas (ROZENBOIN et al., 2007), por interrupção da ação dos hormônios responsáveis pela ovulação (FRANCO-JIMENEZ et al., 2007).

### 3.4 Análise da qualidade de ovos

Para as variáveis de qualidade dos ovos, a Tabela 7 apresenta os valores de peso do ovo, unidade Haugh, resistência de casca e espessura de casca.

**Tabela 7** - Comparação das médias das variáveis de qualidade dos ovos entre os galpões climatizado e não climatizado.

Estação	Variável	Galpão	
		Climatizado	Não climatizado
Total	Peso ovo (g)	60,445 ± 5,005 <sup>a</sup>	58,962 ± 4,776 <sup>b</sup>
	Unidade Haugh	82,300 ± 9,900 <sup>b</sup>	84,050 ± 9,750 <sup>a</sup>
	Resistência da casca (kgf)	4,212 ± 0,918	4,205 ± 1,030
	Espessura da casca (mm)	0,380 ± 0,052	0,378 ± 0,059
Outono	Peso ovo (g)	58,407 ± 5,152 <sup>a</sup>	56,380 ± 5,618 <sup>b</sup>
	Unidade Haugh	85,268 ± 8,409 <sup>b</sup>	87,551 ± 10,550 <sup>a</sup>
	Resistência da casca (kgf)	4,126 ± 0,872	4,021 ± 1,054
	Espessura da casca (mm)	0,380 ± 0,064	0,374 ± 0,065
Inverno	Peso ovo (g)	59,307 ± 4,137	59,150 ± 4,263
	Unidade Haugh	84,690 ± 9,673	85,691 ± 9,208
	Resistência da casca (kgf)	4,685 ± 0,831 <sup>b</sup>	4,933 ± 0,726 <sup>a</sup>
	Espessura da casca (mm)	0,428 ± 0,033 <sup>b</sup>	0,449 ± 0,035 <sup>a</sup>
Primavera	Peso ovo (g)	60,920 ± 4,711 <sup>a</sup>	59,427 ± 4,389 <sup>b</sup>
	Unidade Haugh	79,290 ± 9,950	80,430 ± 9,070
	Resistência da casca (kgf)	4,198 ± 0,841	4,207 ± 0,959
	Espessura da casca (mm)	0,384 ± 0,029	0,381 ± 0,032
Verão	Peso ovo (g)	62,325 ± 5,288 <sup>a</sup>	59,716 ± 4,439 <sup>b</sup>
	Unidade Haugh	81,932 ± 9,815	83,460 ± 8,386
	Resistência da casca (kgf)	3,826 ± 0,929 <sup>a</sup>	3,603 ± 0,980 <sup>b</sup>
	Espessura da casca (mm)	0,360 ± 0,054 <sup>a</sup>	0,350 ± 0,061 <sup>b</sup>

Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Observa-se diminuição no peso dos ovos do galpão não climatizado ( $p < 0,05$ ) em comparação ao climatizado para todo o período da pesquisa, com exceção do inverno, onde não houve diferença ( $p > 0,05$ ), corroborando com os resultados obtidos por Lin et al. (2004) que, depois de três semanas de exposição à alta temperatura ( $32^{\circ}\text{C}$ ,  $25\% \text{UR}$ ), verificaram diferenças significativas para a variável. Franco-Jimenez et al. (2007), observaram que o peso do ovo diminuiu significativamente com a temperatura elevada ( $35^{\circ}\text{C}$  e  $50\% \text{UR}$ ), ao avaliarem o efeito do estresse calórico em galinhas poedeiras. Túmová e Gous (2012) observaram os efeitos temperatura ( $20$  e  $28^{\circ}\text{C}$ ) sobre consumo de ração, produção e parâmetros de qualidade de ovos. O peso do ovo foi significativamente menor em aves mantidas em temperatura ambiente de  $28^{\circ}\text{C}$  em comparação àquelas mantidas a  $20^{\circ}\text{C}$ . Segundo os autores, o fato deve-se ao efeito negativo da alta temperatura sobre o consumo de ração, significativamente menor em aves sob estresse térmico.

Houve aumento dos valores de unidade Haugh para o galpão não climatizado ( $p < 0,05$ ) para o período total da pesquisa corroborando com Mashaly et al. (2004) que observaram aumento significativo da unidade Haugh em ovos produzidos por aves alojadas em condições de alta temperatura.

O sistema climatizado proporcionou melhor qualidade externa do ovo em relação ao aviário não climatizado no verão, pois a resistência da casca e a espessura da casca foram maiores ( $p < 0,05$ ) nesse período. Estes achados corroboram com Lin et al. (2004), Barbosa Filho et al. (2005), Alves et al. (2007) e Franco-Jimenez et al. (2007) que observaram diminuição significativa da espessura da casca em condições de estresse calórico. Os achados foram divergentes de Ebeid et al. (2012), que ao testarem o efeito da alta temperatura ( $30-33^{\circ}\text{C}$ ,  $70-80\% \text{UR}$ ) sobre qualidade de casca, não observaram diferenças. Uğurlu et al. (2002) relataram que, embora resistência de casca tenha sido levemente maior para aves mantidas em temperaturas frias ( $21,4 \pm 0,31^{\circ}\text{C}$ ,  $58 \pm 1,58\% \text{UR}$ ) que em temperaturas amenas ( $22,6 \pm 0,13^{\circ}\text{C}$ ,  $55 \pm 0,48\% \text{UR}$ ) e quentes ( $27,6 \pm 0,21^{\circ}\text{C}$ ,  $42 \pm 0,75\% \text{UR}$ ), não houve diferença significativa para as diferentes temperaturas.

## 4 CONCLUSÕES

O sistema de climatização foi eficaz no controle do ambiente térmico, pois reduziu a temperatura do ar no aviário climatizado, permitindo às aves maior perda de calor sensível, observado através do uso da termografia.

O sistema de climatização minimizou as variações de temperatura entre corredores e andares de gaiolas.

O uso de forros minimiza a radiação térmica que incide do telhado sobre as aves.

O sistema climatizado proporcionou um ambiente térmico mais adequado às aves, favorecendo o bem-estar das mesmas. Houve melhor produtividade, com maior índice de ovos por ave alojada e melhor qualidade de ovos, com maior tamanho de ovo e melhor qualidade externa de ovos em relação às aves do galpão não climatizado.

## REFERÊNCIAS

ALVES, S. P.; SILVA, I. J. O.; PIEDADE, S. M. S. Avaliação do bem-estar de aves poedeiras comerciais: efeitos do sistema de criação e do ambiente bioclimático sobre o desempenho das aves e a qualidade de ovos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, n. 5, p. 1388-1394, 2007.

BARBOSA FILHO, J. A. D.; SILVA, M. A. N.; SILVA, I. J. O.; COELHO, A. A. D.. Egg quality in layers housed in different production systems and submitted to two environmental conditions. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 8, n. 1, p.23-28, jan./mar., 2005.

BLOKHUIS, H. J.; VAN NIEKERK, T. F.; BESSEI, W.; ELSON, A.; GUÉMENÉ, D.; KJAER, J. B.; LEVRINO, G. A. M.; NICOL, C. J.; TAUSON, R.; WEEKS, C. A.; VAN DE WEERD, H. A. The LayWel project: welfare implications of changes in production systems for laying hens. **World's Poultry Science Journal**, Ithaca, v. 63, p. 101-114, mar, 2007.

BROSSI, C.; CONTRERAS-CASTILLO, C. J.; AMAZONAS, E. A.; MENTEN, J. F. M. Estresse térmico durante o pré-abate em frangos de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 4, p. 1296-1305, jul., 2009.

BUFFINGTON, C. S.; COLLIER, R. I.; CANTON, G. H. Shade management system heat stress for dairy cows in hot, humid climates. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 26, n. 6, p. 1798-1802, 1981.

CZARICK III, M.; FAIRCHILD, B. D. Poultry housing for hot climates. In: DAGHIR, N. J. **Poultry Production in Hot Climates**. 2. ed. Trowbridge: Cromwell Press, 2008, cap. 5, p. 81-131.

DAHLKE, F.; GONZALES, E.; GADELHA, A. C.; MAIORKA, A.; BORGES, S. A.; ROSA, P. S.; FARIA FILHO, D. E.; FURLAN, R. L. Empenamento, níveis hormonais de triiodotironina e tiroxina e temperatura corporal de frangos de corte de diferentes genótipos criados em diferentes condições de temperatura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 664-670, mai./jun., 2005.

DAMASCENO, F. A.; JUNIOR, T. Y.; LIMA, R. R.; GOMES, R. C. C.; MORAES, S. R. P. Avaliação do bem-estar de frangos de corte em dois galpões comerciais climatizados. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 1031-1038, 2010.

DENG, W.; DONG, X. F.; TONG, J. M.; ZHANG, Q. The probiotic *Bacillus licheniformis* ameliorates heat stress-induced impairment of egg production, gut morphology, and intestinal mucosal immunity in laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 91, p. 575-582, 2012.

DIRETIVA 1999/74/CE. **Jornal Oficial das Comunidades Européias**. 1999, p. 53-57. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1999:203:0053:0057:PT:PDF>>. Acesso em: 27 jun. 2013.

EBEID, T.A.; SUZUKI, T.; SUGIYAMA, T. High temperature influences eggshell quality and calbindin-D28k localization of eggshell gland and all intestinal segments of laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 91, p. 2282–2287, 2012.

FARNELL, M. B.; MOORE, R. W.; McELROY, A. P.; HARGIS, B. M.; CALDWELL, D. J. Effect of prolonged heat stress in single-comb white leghorn hens on progeny resistance to *Salmonella* enteritidis organ invasion. **Avian Diseases**, Jacksonville, v. 45, p. 479-485, 2001.

FRANCO-JIMENEZ, D. J.; SCHELEIDER, S. E.; KITTOK, R. J.; BROWN-BRANDL, T. M.; ROBESON, L. R.; TAIRA, H.; BECK, M. M.. Differential effects of heat stress in three strains of laying hens. **Journal of Applied Poultry Research**, Oxford, v. 16, p. 628-634, 2007.

FUKAYAMA, E. H.; SAKOMURA, N. K.; NEME, R.; FREITAS, E. R. Efeito da temperatura ambiente e do empenamento sobre o desempenho de frangas leves e semipesadas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 6, p. 1272-1280, nov./dez., 2005.

FURLAN, R. L.; MACARI, M. Termorregulação. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. p. 209-230.

GILOH, M.; SHINDER, D.; YAHAV, S. Skin surface temperature of broiler chickens is correlated to body core temperature and is indicative of their thermoregulatory status. **Poultry Science**, Champaign, v. 91, p. 175-188, 2012.

KIRUNDA, D. F.; SCHEIDELER, S. E.; MCKEE, S. R. The efficacy of vitamin E (DL-alpha-tocopheryl acetate) supplementation in hen diets to alleviate egg quality deterioration associated with high temperature exposure. **Poultry Science**, Champaign, v. 80, p. 1378–1383, 2001.

LARA, L. J.; ROSTAGNO, M. H. Impact of heat stress on poultry production. **Animals**, Cambridge, v. 3, p. 356-369, 2013.

LIN, H.; MERTENS, K.; KEMPS, B.; GOVAERTS, T.; DE KETELAERE, B.; DE BAERDEMAERKER, J.; DECUYPERE, E.; BUYSE, J. New approach of testing the effect of heat stress on egg shell quality: mechanical and material properties of eggshell and membrane. **British Poultry Science**, Edinburgh, v. 45, n. 4, p. 476-482, aug., 2004.

MACK, L. A.; FELVER-GANT, J. N.; DENNIS, R. L.; CHENG, H. W. Genetic variations alter production and behavioral responses following heat stress in two strains of laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 92, p.285-294, 2013.

MASHALY, M. M.; HENDRICKS, G. L.; KALAMA, M. A.; GEHAD, A. E.; ABBAS, A. O.; PATTERSON, P. H. Effect of heat stress on production parameters and immune responses of commercial laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 83, p. 889-894, 2004.

MEDEIROS, C. M.; BAÊTA, F. C.; OLIVEIRA, R. F. M.; TINÔCO, I. F. F; ALBINO, L. F. T; CECON, P. R. Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 13. n. 4, p. 277-286, 2005.

MIRAGLIOTTA, M. Y.; NÄÄS, I. A.; MANZIONE, R. L.; NASCIMENTO, F. F. Spatial analysis of stress conditions inside broiler house under tunnel ventilation. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 63, n. 5, p. 426-432, sep./oct., 2006.

MOE, R. O.; STUBSJØEN, S. M.; BOHLIN, J.; FLØ, A.; BAKKEN, M. Peripheral temperature drop in response to anticipation and consumption of a signaled palatable reward in laying hens (*Gallus domesticus*). **Physiology & Behavior**, Cambridge, v. 106, p. 527-533, 2012.

MOURA, D. J.; NÄÄS, I. A.; PEREIRA, D. F.; SILVA, R. B. T. R.; CAMARGO, G. A. Animal welfare concepts and strategy for poultry production: a review. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 8, n. 3, p. 137-148, jul./sep., 2006.

MUMMA, J. O.; THAXTON, J. P.; VIZZIER-THAXON, Y.; DODSON, W. L. Physiological stress in laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 85, p. 761-769, 2006.

NÄÄS, I. A.; ROMANINI, C. E. B.; NEVES, D. P.; NASCIMENTO, G. R., VERCELLINO, R. A. Broiler surface temperature distribution of 42 day old chickens. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, n. 5, p. 497-502, sep./oct., 2010.

NASCIMENTO, G. R. **Termografia aplicada à avaliação do ambiente térmico de alojamento e do conforto térmico de frangos de corte**. 2011. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

NASCIMENTO, S. T.; SILVA, I. J. O. **As perdas de calor das aves: entendendo as trocas de calor com o meio**. Disponível em <[http://www.avisite.com.br/cet/img/20100916\\_trocasdecalor.pdf](http://www.avisite.com.br/cet/img/20100916_trocasdecalor.pdf)>. Acesso em: 12 fev. 2013.

NAZARENO, A. C.; PANDORFI, H.; GUISELINI, C.; VIGODERIS, R. B.; PEDROSA, E. M. R. Bem-estar na produção de frango de corte em diferentes sistemas de criação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 13-22, jan./fev., 2011.

PLANALTO. 2011. **Manual de manejo das poedeiras Dekalb White**. Granja Planalto. 41 p.

RENAUDEAU, D.; COLLIN, A.; YAHAV, S.; DE BASILIO, V.; GOURDINE, J. L.; COLLIER, R. J. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. **Animal**, Cambridge, v. 6, n. 5, p. 707-728, 2012.

ROZENBOIN, I.; TAKO, E.; GAL-GARBER, O.; PROUDMAN, J. A.; UNI, Z. The effect of heat stress on ovarian function of laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 86, p.1760-1765, 2007.

SILVA, G. F.; PEREIRA, D. F.; BUENO, L. G. F.; SANTOS, T. S.; TAVARES, B. O. Performance of laying hens and economic viability of different climatization systems. **Italian Journal of Animal Science**, Parma, v. 12, n. 47, p. 286-294, 2013.

TŰMOVÁ, E.; GOUS, R. M.; Interaction of hen production type, age, and temperature on laying pattern and egg quality. **Poultry Science**, Champaign, v. 91, p. 1269-1275, 2012.

UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA – Ubabef. **Protocolo de bem-estar de poedeiras**. São Paulo: UBA, 2008. 23 p. Disponível em: <<http://www.ubabef.com.br/files/publicacoes/e3fe1f75724db7e1483c5a1c780035f2.pdf>>. Acesso em: 27 jun. 2013.

UĞURLU, N.; ACAR, B.; TOPAK, R. Production performance of caged layer under different environmental temperature. **Archiv für geflügelkunde**, Berlin, v. 66, n. 1, p. 43-46, 2001.

VITORASSO, G.; PEREIRA, D. F. Análise comparativa do ambiente de aviários de postura com diferentes sistemas de acondicionamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 6, p. 788-794, 2009.

YAHAV, S. RUSAL, M., SHINDER, D. The effect of ventilation on performance body and surface temperature of young turkeys. **Poultry Science**, Champaign, v. 87, p. 133-137, 2008.

YAHAV, S.; DRUYAN, S.; RUSAL, M.; SHINDER, D. Diurnally cycling temperature and ventilation affect young turkeys performance and sensible heat loss. **Journal of Thermal Biology**, Oxford, v. 36, p. 334-339, 2011.

YAHAV, S.; LUGER, D.; CANAHER, A.; DOTAN, M.; RUSAL, M.; HURWITZ, S. Thermoregulation in naked neck chickens subjected to different ambient temperatures. **British Poultry Science**, Edinburgh, v. 39, p. 133-138, 1998.

YAHAV, S.; STRASCHNOW, A.; LUGER, D.; SHINDER, D.; TANNY, J; COHEN, S. Ventilation, sensible heat loss, broiler energy, and water balance under harsh environmental conditions. **Poultry Science**, Champaign, v. 83, p. 253-258, 2004.

YOSHIDA, N.; FUJITA, M.; NAKAHARA, M.; KUWAHARA, T.; KAWAKAMI, S.-I.; BUNGO, T.. Effect of high environmental temperature on egg production, serum lipoproteins and follicle steroid hormones in laying hens. **The Journal of Poultry Science**, Ibaraki, v. 48, p. 207-211, 2011.

## CAPÍTULO 3 - VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO PARA GALPÃO DE GALINHAS POEDEIRAS

**Resumo** - O crescente aumento da produção de ovos no Brasil promoveu nos últimos anos a mecanização dos aviários e uma alta densidade nas gaiolas na criação de poedeiras comerciais, piorando o conforto térmico e gerando estresse para as aves. Poucas empresas têm implantado sistemas de climatização nos aviários com o uso de exaustores e painéis evaporativos, pois não têm certeza de que há retorno financeiro, por não avaliarem o custo-benefício do investimento. Objetivou-se avaliar a viabilidade econômica de um sistema de climatização e verificar a qualidade do fornecimento de energia elétrica para os equipamentos utilizados no sistema, comparando com um aviário automatizado sem climatização, em uma granja produtora de ovos localizada no município de Bastos-SP. Foram registrados durante um ano, a cada 30 minutos, temperatura de bulbo seco, umidade relativa e temperatura de globo negro para a determinação do índice de conforto térmico. Mortalidade das aves, produção de ovos e consumo de ração foram registrados diariamente. Foram determinados qualidade do fornecimento e consumo de energia elétrica, custos com energia elétrica, custos de ração, custo de implantação e depreciação de equipamentos envolvidos na climatização, despesas com mão-de-obra e utilizados para análise da lucratividade dos dois galpões em estudo. O sistema de climatização é eficaz, proporcionando um ambiente térmico mais adequado à criação de aves e apresenta maior retorno financeiro em comparação ao galpão não climatizado, quando não ocorrem falhas no fornecimento de energia elétrica.

**Palavras-chave:** Ambiência. Análise de lucratividade. Avicultura de postura. Conforto térmico. Energia elétrica. Mortalidade.

### 1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui a maior indústria de produção de ovos da América Latina e a sétima maior do mundo, de acordo com o informativo do USDA - United States Department of Agriculture (USDA, 2011). Segundo dados da Ubabef (União Brasileira de Avicultura, 2014), no ano de 2013 a produção nacional totalizou 34,1 bilhões de ovos e o consumo *per capita* no mesmo ano foi de 168,72 ovos/habitante.

O crescente aumento da produção de ovos no Brasil promoveu nos últimos anos a mecanização dos aviários e uma alta densidade nas gaiolas na criação de poedeiras comerciais (PAVAN et al., 2005). Ocorre maior geração de calor no

ambiente, o qual precisa ser retirado do aviário, pois o estresse gerado por altas temperaturas nas aves pode acarretar diminuição da ingestão de alimento e das atividades físicas, além de perdas na produção, tais como diminuição na quantidade de ovos produzidos, piora no tamanho e na qualidade dos ovos e o óbito das aves (VITORASSO; PEREIRA, 2009; PEREIRA et al., 2010, 2012, OGUNTUNJI; ALABI, 2010; QUINTEIRO-FILHO et al., 2010; RENAUDEAU et al., 2012; LARA; ROSTAGNO, 2013; MACK et al., 2013; SILVA et al., 2013, ABDELQADER; AL-FATAFTAH, 2014).

Para minimizar essas perdas, algumas empresas produtoras de ovos têm instalado sistemas de climatização em seus aviários, com uso de exaustores e painéis evaporativos, embora haja a crença de que climatizar é oneroso e não proporciona retorno financeiro. Portanto, é importante ao produtor ter a certeza de que o investimento em climatização proporciona melhor produtividade das aves e seja rentável economicamente (TIMMONS; GATES, 1988; SOUZA et al., 2004; SILVA et al., 2013).

Em sistemas de climatização, há um aumento do consumo de energia elétrica, uma vez que, para se evitar o estresse calórico, os equipamentos elétricos são utilizados e funcionam com maior frequência (BUENO; ROSSI, 2006). O dimensionamento de transformadores de energia e de motores em relação aos equipamentos deve ser considerado nos setores de produção, pois quando inadequado, leva a falhas no fornecimento de energia e variação no ambiente interno em um mesmo galpão com sistema climatizado (BUENO; ROSSI, 2006; SILVA et al., 2013). Além disso, as empresas produtoras de ovos, em sua maioria, não registram o consumo de energia elétrica de seus equipamentos que, segundo Mosko et al. (2010), constitui uma parte expressiva no custo de produção de uma indústria. Sendo assim, torna-se necessário o estudo da qualidade do fornecimento, do consumo e do custo de energia elétrica na avicultura (TURCO et al., 2002).

Considerando-se a hipótese de que o sistema de climatização é eficaz proporcionando um ambiente térmico melhor às aves e que, estas apresentam melhor desempenho produtivo superando os custos de implantação e operação do sistema, o objetivo desta pesquisa foi verificar a qualidade do fornecimento de energia elétrica para os equipamentos utilizados no sistema de climatização e a viabilidade econômica deste, comparando com os resultados de um aviário

automatizado sem climatização, em uma granja de postura localizada no município de Bastos-SP.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em condições de campo, em uma granja avícola produtora de ovos localizada em Bastos, município do estado de São Paulo, Brasil, nas coordenadas 21°55'19" de latitude sul e 50°44'02" de longitude oeste, estando a uma altitude de 445 metros. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima é Cwa, caracterizado por clima temperado úmido com verão quente e inverno seco.

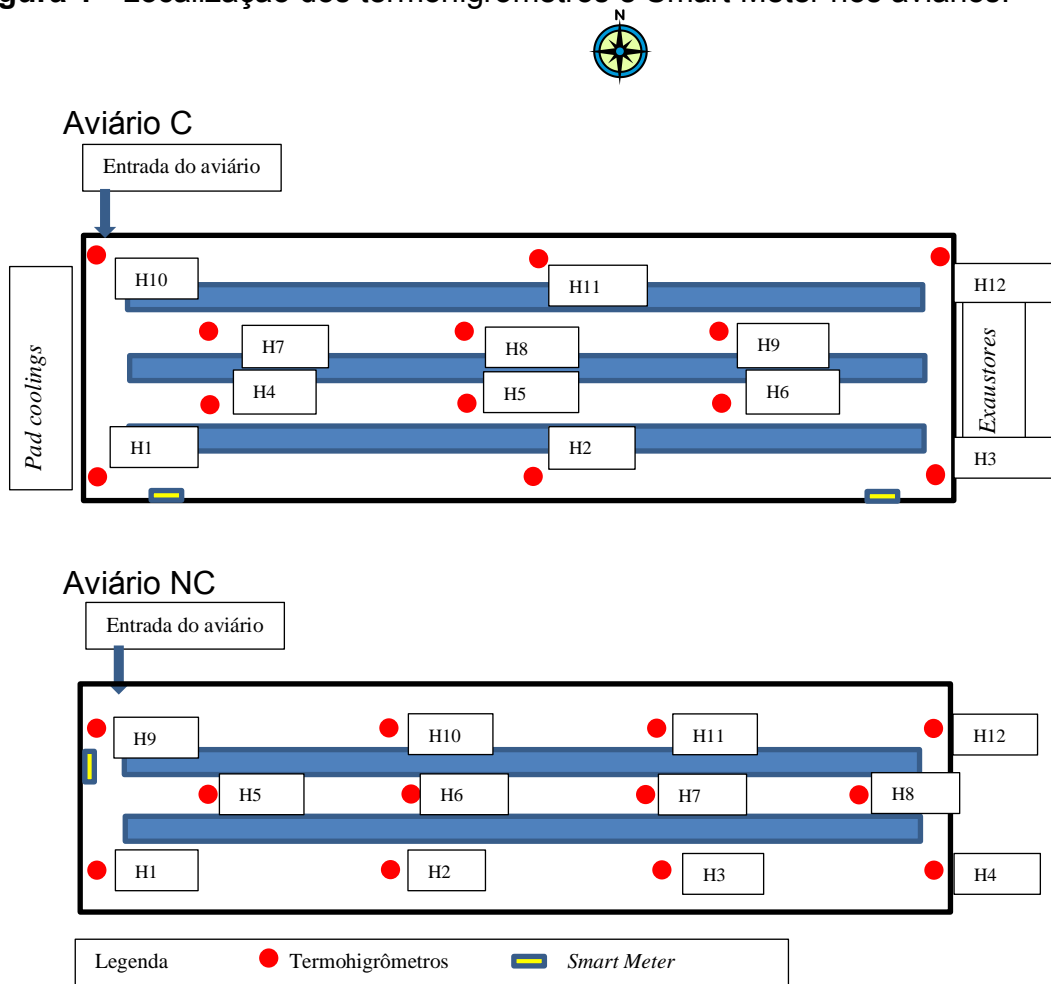
No aviário climatizado (C) foram alojadas 61.060 aves da linhagem Dekalb White. O galpão possuía 110,00 m de comprimento e 11,25 m de largura, sua estrutura era constituída de paredes de alvenaria nas laterais leste-oeste, cortinas de coloração azul na face norte-sul e telhado sem lanternim de zinco. O aviário possuía 14 exaustores em uma extremidade, *pad cooling* na extremidade oposta e sistema vertical de gaiolas, com 3 baterias de 6 andares e gaiolas em ambos os lados. Em cada gaiola, cujas dimensões eram de 72 cm de largura e 55 cm de profundidade, foram dispostas 12 aves (densidade de 330 cm<sup>2</sup>/ave/gaiola).

No aviário não climatizado (NC), cujas dimensões eram de 110,00 m de comprimento e 9,00 m de largura, foram alojadas 37.585 aves da mesma linhagem e idade das aves do aviário climatizado. A estrutura era constituída de paredes de alvenaria e zinco nas laterais leste-oeste com cortinas nas faces norte-sul e telhado de zinco, sem lanternim. Possuía 2 baterias de 6 andares e gaiolas em ambos os lados. Uma bateria era composta por gaiolas de polietileno, cujas dimensões eram de 60 cm de largura e 53 cm de profundidade e foram dispostas 10 aves (densidade de 318 cm<sup>2</sup>/ave/gaiola). A outra bateria era composta por gaiolas de arame, de 60 cm de largura e 60 cm de profundidade, com 10 aves (densidade de 360 cm<sup>2</sup>/ave/gaiola).

## 2.1 Avaliação do ambiente térmico no interior das instalações

Os valores de temperatura de bulbo seco (TBS), umidade relativa (UR) e temperatura de globo negro (TGN) foram coletados por meio de 12 termohigrômetros HOB0<sup>®</sup> (Onset, Bourne, Massachusetts, EUA), instalados dentro dos aviários, em pontos equidistantes em todos os corredores dos galpões (Figura 1).

**Figura 1** - Localização dos termohigrômetros e Smart Meter nos aviários.



O Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) foi calculado, a partir dos dados coletados, pela Equação 1 (BUFFINGTON et al., 1981):

$$ITGU = TGN + 0,36 * TPO - 330,08$$

(Equação 1)

onde: TGN é a temperatura de globo negro (K) e TPO é a temperatura do ponto de orvalho (K), calculado pela temperatura de bulbo seco e umidade relativa empregando equações psicrométricas.

Utilizaram-se os dados compreendidos entre o período de 02/04/2013 a 30/04/2014 e comparou-se pelo teste não paramétrico de Mann-Whitney a 5% de significância.

## **2.2 Avaliação do desempenho zootécnico**

### **2.2.1 Total de ovos produzidos**

Os ovos de cada galpão foram coletados diariamente e anotados para determinação da produção total de ovos, usando a Equação 2:

$$O_t = \sum O_d \quad (\text{Equação 2})$$

onde:  $O_t$  é o número total de ovos,  $O_d$  é o número de ovos produzidos no dia.

### **2.2.2 Índice de ovos por ave alojada**

O índice de ovos por ave alojada é o número de ovos que cada ave produziu durante sua vida produtiva e, no caso deste estudo, foi determinado a partir do número acumulado de ovos produzidos de 18 até 74 semanas, período em que foram analisados os dados, e do número de aves alojadas no aviário (Equação 3):

$$OAA = OA/AA \quad (\text{Equação 3})$$

onde: OAA é o índice de ovos por ave alojada, OA é o número acumulado de ovos produzidos na semana e AA é o número de aves alojadas inicialmente no galpão.

### 2.2.3 Mortalidade

O número de aves mortas de cada galpão foi anotado diariamente para a determinação da quantidade de aves remanescentes dos lotes, usando a Equação 4:

$$M_t = 100 - \left\{ \left( \frac{A_t - M}{A_t} \right) * 100 \right\} \quad (\text{Equação 4})$$

onde: M é a mortalidade (%),  $A_t$  é o número de aves alojadas e M é o número total de aves mortas.

### 2.2.4 Consumo de ração

Foram registrados os abastecimentos do silo de ração de cada aviário para o cálculo de consumo de ração por ave alojada (Equação 5):

$$CR_t = \frac{\sum(CR_d * 7)}{1000} \quad (\text{Equação 5})$$

onde:  $CR_t$  é o consumo de ração total de cada ave alojada (kg/ave/alojada) e  $CR_d$  é o consumo de ração diária de cada ave (g/ave).

O consumo de ração diário foi calculado usando a Equação 6:

$$CR_d = \left\{ \left( \frac{CR_s}{7 * A} \right) \right\} * 1000 \quad (\text{Equação 6})$$

onde:  $CR_s$  é a quantidade de ração abastecida no silo (kg) e A é o número de aves totalizado na semana.

## 2.3 Cálculo de consumo de energia elétrica

Instalaram-se medidores de grandezas elétricas *Smart Meter*<sup>®</sup> (IMS, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil) nos aviários, sendo dois no climatizado (nos circuitos ligados aos exaustores e iluminação) e um no não climatizado (no circuito

de iluminação) para que o consumo de energia elétrica fosse monitorado em cada galpão (Figura 1). Essas medidas foram realizadas a cada 30 minutos durante o período de 01 de junho de 2013 a 30 de abril de 2014.

Ao final do período de medições das grandezas elétricas dos sistemas de iluminação e climatização nos aviários, foi estimado o consumo elétrico diário e mensal dos aviários analisados. Calculou-se o custo de energia elétrica das instalações (Equação 7, proposta por Turco et al., 2002).

$$CCEE = CEE * P + ICMS \quad (\text{Equação 7})$$

onde: CCEE é o custo do consumo de energia elétrica (R\$), CEE é o consumo de energia elétrica durante o período da pesquisa (kWh), P é o preço do kWh (R\$), ICMS é o imposto sobre circulação de mercadorias e serviços (R\$).

O ICMS foi calculado usando a Equação 8:

$$ICMS = \frac{(CEE * P * A)}{(100 - A)} \quad (\text{Equação 8})$$

onde: A é a alíquota (18%).

## 2.4 Análise econômica

Realizou-se uma análise econômica para os aviários monitorados durante o período. Dentro dessa análise foram considerados os desempenhos zootécnico e econômico. Para os cálculos, considerou-se que os equipamentos e motores instalados no interior dos galpões eram semelhantes quanto a sua potência e consumo. Como os proprietários da granja não disponibilizaram os custos com instalações (construção e gaiolas) e criação das frangas, estes foram considerados os mesmos e descritos como variável "C".

Para a análise da margem de lucro de cada aviário monitorado, calculou-se a receita obtida com a produção de cada galpão e descontou-se o custo relativo à energia elétrica para a operação do sistema de climatização. Também foi considerado o valor de investimento do sistema de climatização e a depreciação

deste equipamento em 10 anos. Para possibilitar a comparação entre os aviários, minimizar as diferenças entre os galpões (instalações e equipamentos) e considerar as variações mensais discrepantes de preço do ovo, foram calculados as receitas, os custos, os investimentos e as depreciações relativas por ave alojada/dia em uma planilha de cálculo do programa Excel<sup>®</sup> (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, EUA).

Para efeito de monetarização foi considerado o preço médio da caixa de 30 dúzias de ovos, calculado com base no histórico de preços do Instituto de Economia Agrícola – IEA, recebidos pelos produtores no atacado para ovos brancos tipo extra.

Para se obter o cálculo da Receita dos galpões analisados utilizou-se a Equação 9:

$$\text{Rec} = \text{Covos} * \text{PMo} \quad (\text{Equação 9})$$

onde: Rec é a receita dos galpões (R\$),  $C_{\text{ovos}}$  é o número de caixas de 30 dúzias de ovos produzidos durante todo o experimento,  $PM_o$  é o preço médio da caixa do ovo ao longo do experimento.

O  $C_{\text{ovos}}$  é obtido usando a Equação 10:

$$\text{Covos} = \frac{O_t}{360} \quad (\text{Equação 10})$$

onde:  $O_t$  é o número acumulado de ovos produzidos do início até o final do período do experimento obtido através da Equação 2.

Sobre essa Receita calculada, subtraiu-se o custo de produção para obter o Lucro Operacional Bruto. Considerando que os impostos são idênticos entre os galpões, obtém-se a Equação 11 para o cálculo do Lucro Operacional Bruto (LOB).

$$\text{LOB} = \text{Rec} - (\text{CCEE} + \text{CP} + \text{CMO}) \quad (\text{Equação 11})$$

onde: CCEE é o custo do consumo de energia elétrica (R\$), CP é o custo de produção (R\$) e CMO é o custo de mão-de-obra (R\$).

Dentre os custos de produção, o maior custo é proveniente da alimentação, calculado a partir do consumo de ração por ave alojada e o custo médio de ração (Equação 12):

$$C_r = \sum \frac{(CR_d * 7)}{1000} * PM_r \quad (\text{Equação 12})$$

onde:  $C_r$  é o custo total com alimentação (R\$),  $CR_d$  é o consumo de ração diário por ave (g/ave/dia) e  $PM_r$  é o custo médio de ração (\$).

O custo de mão-de-obra de cada aviário foi calculado usando a Equação 13:

$$CMO = \frac{(S * 2)}{30} \quad (\text{Equação 13})$$

onde: S é o salário mensal do trabalhador

Já o Lucro Operacional (LO) foi obtido subtraindo o Lucro Operacional Bruto (LOB) das despesas administrativas, financeiras e gerais (Equação 14):

$$LO = LOB - D \quad (\text{Equação 14})$$

onde: D é o total de despesas (R\$).

Subtraindo-se a depreciação do Lucro Operacional, obtém-se a Margem de Lucro (L), calculado pela Equação 15:

$$L = LO - DE_{clim} \quad (\text{Equação 15})$$

onde:  $DE_{clim}$  é a depreciação do sistema climatizado.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de temperatura do ar ( $^{\circ}C$ ) e temperatura de globo negro ( $^{\circ}C$ ) foram menores e a umidade relativa foi maior ( $p < 0,05$ ) no galpão climatizado, indicando que o sistema de climatização foi eficiente na redução da temperatura.

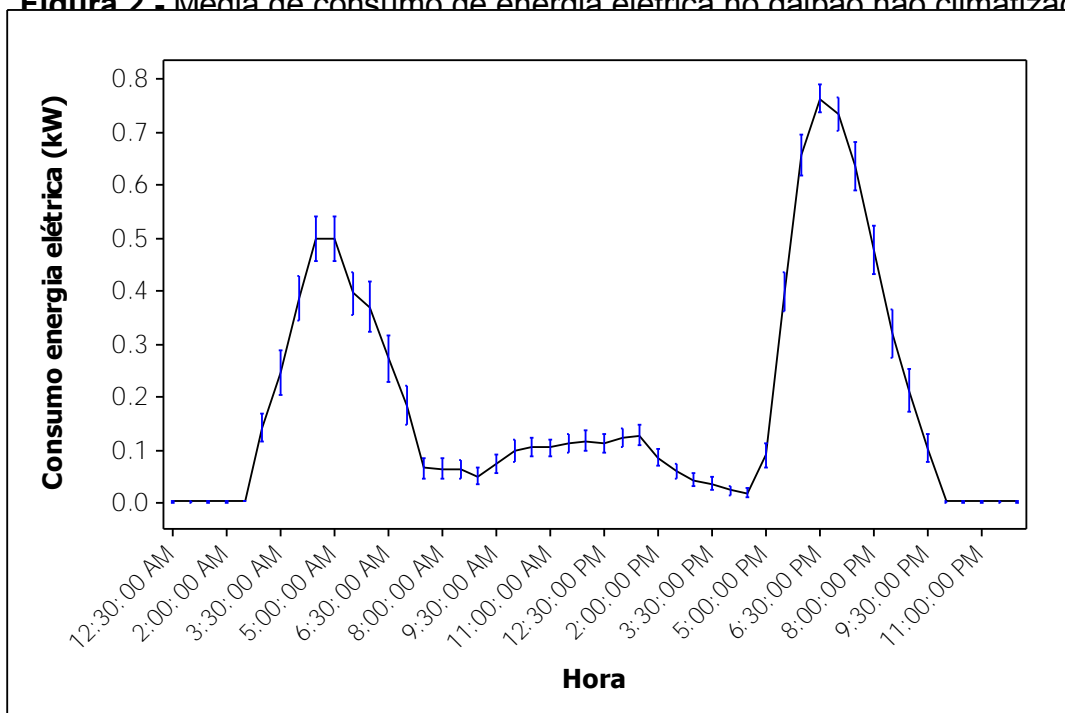
Ao final da pesquisa, o número de ovos por ave alojada no galpão climatizado foi de 299,06, produzindo um total de 50.920 caixas de ovos e no não climatizado, o índice foi de 293,82 ovos por ave alojada e o total de caixas produzidas foi de 30.787.

Em relação ao consumo de ração por ave, não se verificou diferença ( $p > 0,05$ ) entre os galpões, sendo que a média de consumo no galpão climatizado foi de 38,60 kg/ave e, no não climatizado, foi de 36,12 kg/ave.

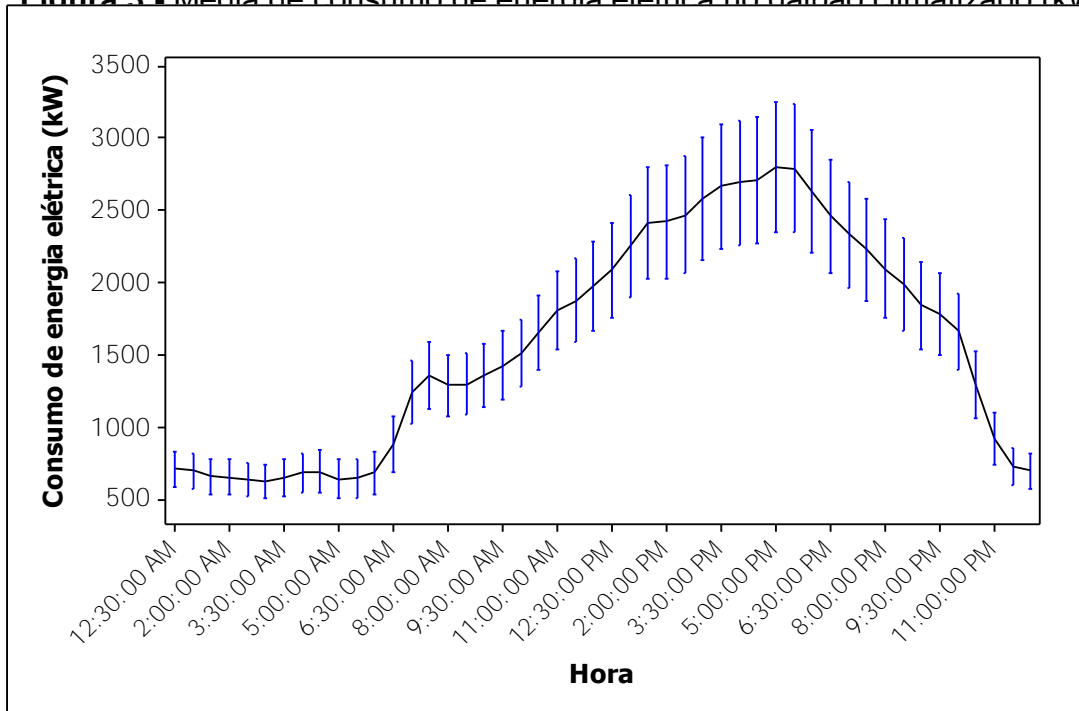
### 3.1 Análise de consumo de energia elétrica

O galpão climatizado consumiu mais energia elétrica que o não climatizado. No galpão não climatizado, há dois picos de uso de energia elétrica, nos horários de acionamento do sistema de iluminação artificial, para completar o fotoperíodo para as aves. Já no galpão climatizado, o pico de utilização de energia elétrica é entre 15h00min e 17h00min, considerado como horário mais quente do dia e que, portanto, demanda maior tempo de acionamento do sistema de climatização (Figuras 2 e 3).

**Figura 2 - Média de consumo de energia elétrica no galpão não climatizado (kW).**



**Figura 3 - Média de consumo de energia elétrica no galvão climatizado (kW).**



Comparou-se a tensão de leitura medida pelo equipamento com a tensão nominal da rede. De acordo com a Resolução 505 da ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, o fornecimento da tensão pode ser classificado em "Adequado", "Precário" e "Crítico" (Quadro 1). A Tabela 1 mostra a porcentagem dos registros feitos em cada uma dessas categorias, bem como o intervalo de valores a que cada categoria pertence, de acordo com a Resolução 505/2001 da ANEEL (BRASIL, 2001).

**Quadro 1 - Valores de referência para classificação do fornecimento de tensão de acordo com a Resolução ANEEL 505/2001.**

<b>Categoria</b>	<b>Intervalo de valores</b>
Adequado	$0,98*TN \leq TL \leq 1,03*TN$
Precário	$0,95*TN \leq TL < 0,98*TN$
	ou $1,03*TN < TL \leq 1,05*TN$
Crítico	$TL < 0,95*TN$
	ou $TL > 1,05*TN$

Onde: TN = tensão nominal da rede; TL = tensão de leitura medida por equipamento calibrado.

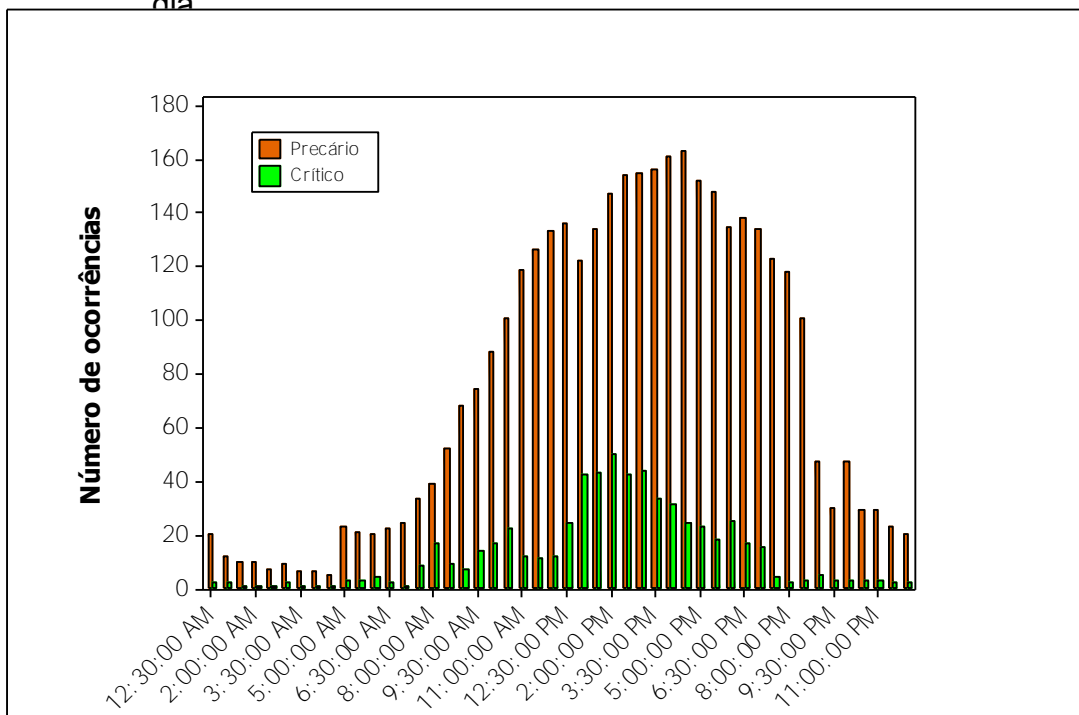
**Tabela 1** - Porcentagem de registros de tensão classificados nas categorias definidas pela Resolução ANEEL 505/2001.

Galpão/circuito	Categoria		
	Adequado	Precário	Crítico
Climatizado/Iluminação	95,62%	3,73%	0,65%
Climatizado/Exaustores	74,42%	22,05%	3,54%
Não climatizado	99,97%	0,03%	0,62%

Verificou-se no circuito dos exaustores do aviário climatizado 3,54% de registros como críticos e 22,5% como precários. Valores de tensão classificados como “Crítico” são decorrentes de interrupção no fornecimento de energia e, “Precário”, decorrem de oscilações no fornecimento de energia elétrica.

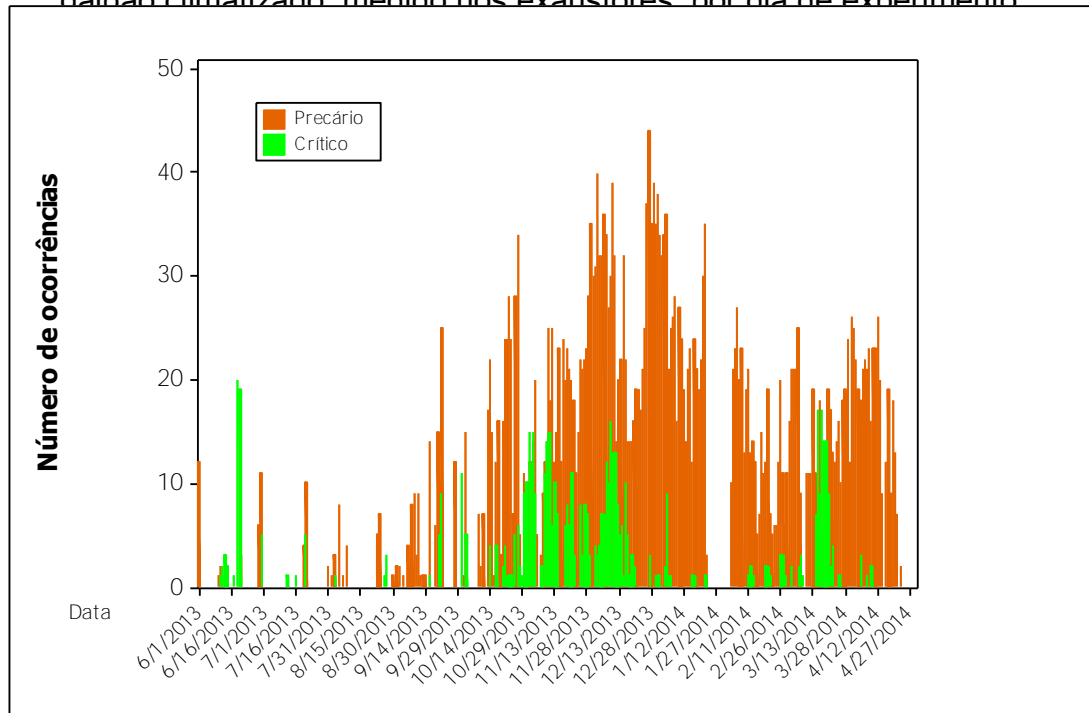
As falhas no fornecimento de energia ocorreram com maior frequência nos horários mais quentes do dia, prejudicando o funcionamento do sistema de climatização instalado (Figura 4).

**Figura 4** - Frequência de falhas no fornecimento de energia elétrica por horário do dia



Observa-se o número de ocorrências de falha no fornecimento de energia elétrica durante todo o período da pesquisa (Figura 5).

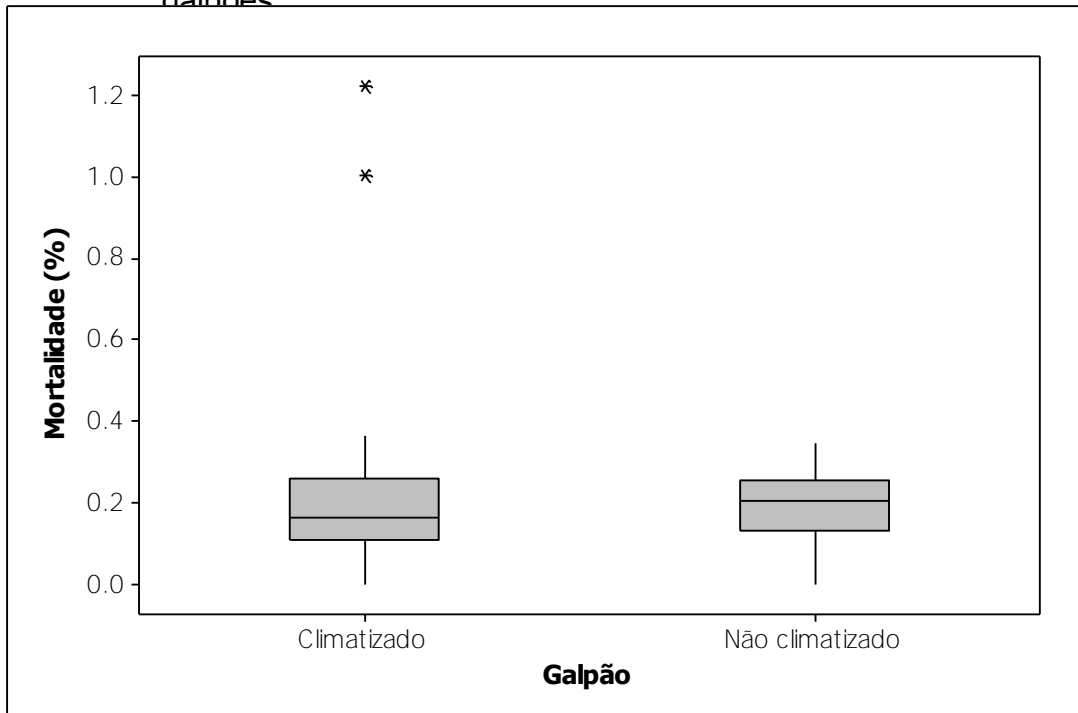
**Figura 5** - Número de ocorrências de falhas no fornecimento de energia elétrica no galpão climatizado, medido nos exaustores, por dia de experimento.



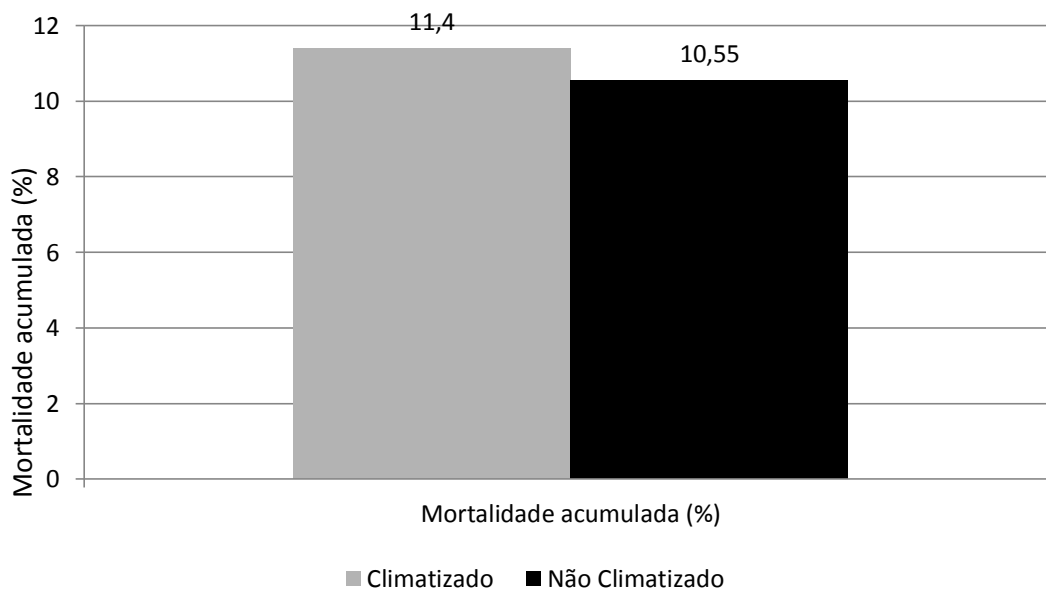
Na análise comparativa da mortalidade entre os galpões climatizado e não climatizado, não se verificou diferença pelo teste *t-Student* a 5% de significância, onde a média de mortalidade do galpão climatizado ficou em 0,21% e do galpão não climatizado ficou em 0,20%, por semana.

Todavia, verificam-se na Figura 6, no gráfico de *boxplot* do total de mortalidade semanal, duas ocorrências (semanas) no galpão climatizado em que a mortalidade foi muito acima da média. Estas semanas correspondem à semana de 03 a 09 de abril de 2013 e à semana de 06 a 12 de novembro de 2013, onde foram observadas 605 e 700 aves mortas, respectivamente, quando o esperado seria de 60 aves (0,1% mortalidade/semana). Na Figura 7, observa-se a mortalidade de aves em cada galpão durante todo o período da pesquisa.

**Figura 6** - Gráfico *boxplot* do total de mortalidade semanal (%) nos diferentes galpões



**Figura 7** - Mortalidade acumulada (%) nos diferentes galpões.



Devido a um problema no equipamento de medição das grandezas elétricas, não foi possível identificar nos dados se a mortalidade observada na semana de abril/2013 foi decorrente de uma interrupção de energia, mas foi registrado ITGU máximo de 81,00. No mês de novembro foram registradas várias interrupções de energia elétrica, e no dia 11 de novembro foi registrado mortalidade de 600 aves no galpão climatizado. No dia anterior, quando houve várias interrupções no

fornecimento de energia elétrica, registrou-se no interior dessa instalação um ITGU máximo de 86,31. De acordo com Medeiros et al. (2005), os valores de ITGU observados em abril e novembro de 2013 estão muito acima do limite da zona de conforto térmico, compreendido entre 69 e 77. Os resultados foram diferentes daqueles observados por Silva et al. (2013). Os autores verificaram que a mortalidade total do galpão climatizado foi significativamente menor que no galpão não climatizado durante o período estudado.

Em poedeiras, a capacidade de aclimação a temperaturas elevadas é obtida após 7 dias de exposição ao calor (SYLKES; FATAFTAH, 1986; YAHAV, 2009), fato observado por Pereira et al. (2010), que verificaram maior índice de mortalidade em aviários de Bastos-SP de setembro a outubro, meses em que ocorrem as primeiras ondas de calor em relação a dezembro e janeiro, quando se registram as maiores temperaturas. As aves do aviário climatizado não estavam aclimatadas a temperaturas elevadas quando ocorreram as falhas no fornecimento de energia elétrica, e por isso observou-se a mortalidade bem acima do padrão da linhagem.

Calculou-se o consumo elétrico total de ambos os galpões analisados e os respectivos custos (Tabela 2), considerando-se o valor de R\$ 142,11/kW como custo de energia elétrica cobrado para o subgrupo B2-Rural pela concessionária Rede Vale Paranapanema, fornecedora de energia para a granja (Equação 7). O total de energia elétrica consumida no galpão climatizado foi de 104,912 MW, enquanto no não climatizado foi de 2,792 MW durante o período analisado.

**Tabela 2** - Consumo e custo de energia elétrica total dos diferentes galpões analisados, durante o período da pesquisa e o custo de energia elétrica por ave (R\$/ave).

Galpão	Consumo elétrico (MW)	Custo de energia (R\$)	Custo/ave (R\$)
Climatizado	104,912	14.907,98	0,26
Não climatizado	2,792	483,66	0,08

### 3.2 Análise econômica

Receita com a venda dos ovos (Equação 9) e valores de custo de ração (Equação 12) obtidos para ambos os galpões (Tabela 3):

**Tabela 3** - Receita obtida com a venda dos ovos nos diferentes e custo de ração (Equação 12), em R\$/ave.

Galpão	Receita/ave (R\$/ave)	Custo ração/ave (R\$/ave)
Climatizado	59,97	22,67
Não climatizado	58,72	21,65

Considerando-se a receita e os custos de ração, de energia e mão-de-obra, este último dado fornecido pela granja, obtém-se o Lucro Operacional Bruto (Tabela 4).

**Tabela 4** - Cálculo do Lucro Operacional Bruto (LOB, Equação 11) nos diferentes galpões, com base na receita, no custo de energia elétrica e no custo de mão-de-obra (R\$/ave).

Custos (R\$/ave)	Climatizado	Não Climatizado
Ração	22,67	21,65
Energia elétrica	0,26	0,08
Mão-de-obra	0,84	0,59
Custos instalações e frangas	C	C
Subtotal	23,77+C	22,32+C
Receita	59,97	58,72
LOB	36,20+C	36,40+C

O Lucro Operacional foi obtido pela subtração das despesas administrativas, financeiras e gerais sobre o Lucro Operacional Bruto (Tabela 5).

**Tabela 5** - Cálculo do Lucro Operacional (LO, Equação 14) nos diferentes galpões, baseado no Lucro Operacional Bruto (LOB) e despesas administrativas, financeiras e gerais (R\$/ave).

Custos (R\$/ave)	Climatizado	Não Climatizado
LOB	36,20+C	36,40+C
Despesas administrativas, financeiras e gerais	0,28	0,46
LO	35,92+C	35,94+C

Para o cálculo da Margem de Lucro (L, Equação 15), subtraiu-se a depreciação dos equipamentos de climatização do lucro operacional (Tabela 6).

**Tabela 6** - Cálculo da Margem de Lucro (L) nos diferentes galpões, com base no Lucro Operacional (LO) e a depreciação dos equipamentos de climatização (R\$/ave).

Custos (R\$/ave)	Climatizado	Não Climatizado
LO	35,92+C	35,94+C
Depreciação	0,05	-
Margem de lucro (R\$/ave)	35,87+C	35,94+C

A diferença entre as margens obtidas de cada galpão resulta em R\$0,07/ave a menos para o climatizado. Ou seja, o galpão climatizado não apresentou ganho econômico por ave alojada maior que o galpão não climatizado, como era esperado, considerando que o custo de instalação e de frangas fosse o mesmo para ambos (variável C).

Os resultados divergem dos obtidos por Silva et al. (2013), que verificaram que o galpão com sistema de climatização com ventilação túnel e *pad cooling* proporcionou ganho econômico 11,8% maior que o galpão não climatizado. Por serem dados coletados no campo, não foi possível controlar todos os procedimentos de manejo e biossegurança durante o período da pesquisa. Foram observados alguns problemas que certamente interferiram no desempenho das aves, como infestação maciça por ectoparasitas em ambos os galpões e a granja não possuir transformadores e motores dimensionados para suportar o sistema de climatização e gerador de energia para os casos de falhas recorrentes no fornecimento de energia elétrica, que causaram picos de mortalidade e danos fisiológicos às aves alojadas no aviário climatizado.

Foi feita uma análise de regressão linear ( $p=0,0132$ ) para os dados de mortalidade diária, utilizando variável categórica para a classificação diária do fornecimento de energia elétrica (Equação 16). O dia foi classificado como “normal” quando as ocorrências de crítico e precário, descritos no Quadro 1, foram inferiores a 5. Foi classificado como “alerta” o dia que apresentou mais de 5 ocorrências de precário e menos de 5 ocorrências de crítico. Quando ocorreram mais de 5 ocorrências de crítico, o dia foi classificado como “perigo”. Cada ocorrência consiste no registro de 30 minutos realizado pelo *Smart Meter*<sup>®</sup>.

$$\text{Mortalidade (\%)} = 0,03660 + 0,01816_{\text{perigo}} - 0,01387_{\text{normal}} \quad (\text{Equação 16})$$

Nota-se na equação anterior que a mortalidade tem um acréscimo quando a condição de fornecimento de energia está na classe de “perigo”, e um decréscimo quando classificada como “normal”. Verificou-se que a mortalidade semanal (%) simulada pela Equação 16 em condição “alerta” foi 1,61 vezes maior e, em condição “perigo”, foi 2,41 vezes maior que a mortalidade em condição “normal” (Tabela 7).

**Tabela 7** - Valores de mortalidades diária e semanal nas diferentes condições de fornecimento de energia elétrica.

Condição	Normal	Alerta	Perigo
% Mortalidade diária	0,02273	0,03660	0,05476
% Mortalidade semanal	0,15911	0,25620	0,38332

No período da pesquisa, houve 136 dias considerados como “normal”, 147 dias como “alerta” e 43 dias como “perigo”. Na hipótese de não ocorrer falha no fornecimento de energia elétrica em nenhum dia, estima-se que a mortalidade total teria sido 46% menor do que a observada. Durante o período analisado, houve mortalidade total de 5.788 aves. Em uma situação “normal”, a mortalidade esperada seria de 3.964 aves. A diferença simulada é de 1.824 aves a mais, que poderiam ter produzido durante todo o período 545.485 ovos a mais, baseado no índice de ovos/ave alojada de 299,06, resultando em 1.515 caixas de ovos. Este aumento da produção geraria uma receita extra de R\$ 103.657,38, considerando o preço médio de R\$ 68,41/caixa, obtido durante todo o período da pesquisa. Por ave, o aumento da receita seria R\$1,73 a mais para o galpão climatizado e a receita obtida com a venda dos ovos seria de R\$61,70. Considerando a mesma média de consumo diário de ração, de 99,7g/ave/dia, o custo de ração seria de R\$23,12/ave e a margem de lucro para o galpão climatizado seria de R\$36,47/ave. Finalmente, a diferença entre as margens de lucro do galpão climatizado e do galpão não climatizado seria de R\$0,53/ave a mais para o galpão climatizado.

Nesta simulação não foram considerados os ganhos de produção e de qualidade de ovos se todos os dias fossem considerados como “normal”.

Outra constatação de perdas decorrentes de falha no fornecimento de energia elétrica ocorre em dois eventos de maior mortalidade (abril e novembro de 2013), evidenciados como *outliers* no gráfico *boxplot* (Figura 6). Nestas duas ocorrências houve um total de 1.305 aves mortas, que poderiam ter produzido 390.273,3 ovos a mais, baseado no índice de ovos/ave alojada de 299,06, resultando em 1.084 caixas de ovos e gerando uma receita de R\$ 74.162,77, Por ave, seria R\$ 1,21/ave a mais para o galpão climatizado (considerando o número total de aves alojadas), ultrapassando o lucro observado no galpão não climatizado.

## 4 CONCLUSÕES

O sistema de climatização foi eficaz, proporcionando a redução da temperatura e um ambiente térmico mais adequado à criação de aves e demandou maior consumo de energia elétrica em comparação ao não climatizado.

A qualidade de fornecimento de energia elétrica em horários de maior temperatura foi precária ou crítica, acarretando em interrupções do funcionamento dos exaustores, elevando a temperatura do ambiente interno com consequente aumento de mortalidade das aves no galpão climatizado.

Foi possível verificar que o galpão climatizado proporciona maior retorno financeiro em comparação ao galpão não climatizado, quando não ocorrem falhas no fornecimento de energia elétrica.

## REFERÊNCIAS

ABDELQADER, A.; AL-FATAFTAH, A.-R. Thermal acclimation of broiler birds by intermittent heat exposure. **Journal of Thermal Biology**, Oxford, v. 39, p. 1-5, 2014.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Resolução nº 505, de 26 de novembro de 2001. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 27 nov. 2001. v. 138, n. 226, Seção 1, p. 16. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/res2001505.pdf>>. Acesso em: 09 set. 2014.

- BUENO, L. G. F.; ROSSI, L. A.. Comparação entre tecnologias de climatização para criação de frangos quanto a energia, ambiência e produtividade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 497-504, 2006.
- BUFFINGTON, C. S.; COLLIER, R. I.; CANTON, G. H. Shade management system heat stress for dairy cows in hot, humid climates. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 26, n. 6, p. 1798-1802, 1981.
- INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA – IEA. **Banco de dados**. Disponível em <[http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/Precos\\_Medios.aspx?cod\\_sis=3](http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/Precos_Medios.aspx?cod_sis=3)>. Acesso em: 09 set. 2014.
- LARA, L. J.; ROSTAGNO, M. H. Impact of heat stress on poultry production. **Animals**, Cambridge, v. 3, p. 356-369, 2013.
- MACK, L. A.; FELVER-GANT, J. N.; DENNIS, R. L.; CHENG, H. W. Genetic variations alter production and behavioral responses following heat stress in two strains of laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 92, p. 285-294, 2013.
- MEDEIROS, C. M.; BAÊTA, F. C.; OLIVEIRA, R. F. M.; TINÔCO, I. F. F; ALBINO, L. F. T; CECON, P. R. Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 13. n. 4, p. 277-286, 2005.
- MOSKO, J. M.; PILATTI, L. A.; PEDROSO, B.. Eficiência energética na indústria: elaboração e planejamento de programas de conservação de energia. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 2, n.1, p. 17-23, abr, 2010.
- OGUNTUNJI, A. O.; ALABI, O. M. Influence of high environmental temperature on egg production and shell quality: a review. **World's Poultry Science Journal**, Ithaca, v. 66, p. 739-749, dec. 2010.
- PAVAN, A. C.; GARCIA, E. A.; MORI, C.; PIZZOLANTE, C. C.; PICCININ, A. Efeito da densidade na gaiola sobre o desempenho de poedeiras comerciais nas fases de cria, recria e produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n.4, p.1320-1328, 2005.
- PEREIRA, D .F.; DO VALLE, M. M.; ZEVOLLI, B. R.; SALGADO, D. D. Estimating mortality in laying hens as the environmental temperature increases. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 12, n. 4, p. 265-271, 2010.
- PEREIRA, D. F.; BUENO, L. G. F.; SILVA, G. F. **Novas ferramentas para avaliar a ambiência na avicultura**. Disponível em :<[http://www.avisite.com.br/cet/img/20110908\\_ambiencia.docx](http://www.avisite.com.br/cet/img/20110908_ambiencia.docx)>. Acesso em: 12 abr. 2012.

- QUINTEIRO-FILHO, W. M.; RIBEIRO, A.; FERRAZ-DE-PAULA, V.; PINHEIRO, M. L.; SAKAI, M.; SÁ, L. R. M.; FERREIRA, A. J. P.; PALERMO-NETO, J. Heat stress impairs performance parameters, induces intestinal injury, and decreases macrophage activity in broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v. 89, p. 1905-1914, 2010.
- RENAUDEAU, D.; COLLIN, A.; YAHAV, S.; DE BASILIO, V.; GOURDINE, J. L.; COLLIER, R. J. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. **Animal**, Cambridge, v. 6, n. 5, p. 707-728, 2012.
- SYLKES, A. H.; FATAFTAH, A. R. A.. Acclimatization of the fowl to intermittent acute heat stress. **British Poultry Science**, Edinburgh, v. 27, p. 289-300, 1986.
- SILVA, G. F.; PEREIRA, D. F.; BUENO, L. G. F.; SANTOS, T. S.; TAVARES, B. O. Performance of laying hens and economic viability of different climatization systems. **Italian Journal of Animal Science**, Parma, v. 12, e47, p. 286-294, 2013.
- SOUZA, S. R. L.; NÄÄS, I. A.; KARASAWA, S.; ROMANINI, C. E. B. Análise do investimento em climatização para bovinos de leite em sistema de alojamento *free-stall*. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 255-262, maio/ago. 2004.
- TIMMONS M. B., GATES, R. S. Predictive model of laying hen performance to air temperature and evaporative cooling. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 31, n. 5, p.1503-1509, sep./oct. 1988.
- TURCO, J. E. P.; FERREIRA, L. F. S. A.; FURLAN, R. L. Consumo e custo de energia elétrica em equipamentos utilizados em galpão de frangos de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 3, p. 519-522, 2002.
- UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA – UBABEF. **Relatório Anual 2014**. p. 66-77, 2014. Disponível em <<http://www.ubabef.com.br/publicacoes>>. Acesso em: 04 abr. 2014.
- USDA. **International Egg And Poultry Review**, Washington, v. 14, n. 34, p. 1 – 3, 2011. Disponível em: <<http://search.ams.usda.gov/MNDMS/2011/08/PY20110823WIntIPoultryandEgg.pdf>> . Acesso em: 17 fev. 2013.
- VALE PARANAPANEMA. **Sua Conta – Tarifas**. Disponível em <<http://www.valeparanapanema.com.br/sua-conta/tarifas/>>. Acesso em: 09 set. 2014.
- VITORASSO, G.; PEREIRA, D. F. Análise comparativa do ambiente de aviários de postura com diferentes sistemas de acondicionamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 6, p. 788-794, 2009.
- YAHAV, S. Alleviating heat stress in domestic fowl: different strategies. **World's Poultry Science Journal**, Ithaca, v. 65, p. 719-732, dec. 2009.

## **CAPÍTULO 4 - CONCENTRAÇÃO DE GLICOSE SANGUÍNEA E RELAÇÃO HETERÓFILO:LINFÓCITO COMO INDICADORES DE ESTRESSE TÉRMICO PARA AVES POEDEIRAS**

**Resumo** – Aves em estresse calórico apresentam alterações fisiológicas e metabólicas para a manutenção de sua homeostase. O sistema sanguíneo é sensível a essas mudanças e a relação heterófilo:linfócito e a concentração de glicose são consideradas importantes índices de estresse crônico em aves. O objetivo da pesquisa foi determinar a relação heterófilo:linfócito e a concentração de glicose sanguínea de aves alojadas em um galpão climatizado e compará-las com aves de um galpão não climatizado para verificar o nível de estresse das aves nas diferentes condições ambientais. Foram registradas temperatura de bulbo seco, umidade relativa e temperatura de globo negro por meio de termohigrômetros, para a determinação do índice de conforto térmico de ambos os galpões. Amostras de sangue de 15 aves de cada aviário foram coletadas para determinação de glicose e contagem diferencial dos leucócitos. Não houve diferença de resultados para o índice de conforto térmico nos dias de coleta, nem para concentração de glicose e relação heterófilo:linfócito.

**Palavras-chave:** Alterações fisiológicas. Ambiência. Avicultura de postura. Bem-estar. Hematologia. Parâmetros sanguíneos.

### **1 INTRODUÇÃO**

A exposição das aves a elevadas temperaturas dentro do aviário de postura provoca estresse por calor, que desencadeia processos fisiológicos e regulatórios na tentativa de manter ou estabelecer o estado de equilíbrio ou a homeostase (SIEGEL, 1980; MASHALY et al, 2004; THAXTON, 2004; YAHAV et al., 2004, LIN et al., 2006, SHINI et al., 2007, STAR et al., 2008).

De acordo com Borges (1997, 2001), o sistema sanguíneo é particularmente sensível às mudanças de temperatura e se constitui em um importante indicador das respostas fisiológicas da ave a agentes estressores. Vários indicadores são utilizados, porém a relação heterófilo:linfócito (H/L) tem sido proposta como um índice sensível de estresse crônico em aves, podendo ser esta variável mais confiável para avaliar o bem-estar de aves que a concentração de corticosterona no

plasma (CRAIG e al., 1986; MAXWELL, 1993; FURLAN; MACARI, 2002; NICOL et al., 2009, PRIETO; CAMPO, 2010).

Outro indicador utilizado para verificar o nível de estresse em aves é a concentração de glicose sanguínea, decorrente do aumento de glicocorticoides circulantes (BORGES et al., 2003, 2004; MUMMA et al., 2005; STAR et al., 2008, NICOL et al., 2009).

Considerando que o controle do ambiente térmico minimiza o efeito do estresse por calor, o objetivo dessa pesquisa foi determinar a relação heterófilo:linfócito e a concentração de glicose sanguínea de aves alojadas em um galpão climatizado e compará-las com aves de um galpão não climatizado para verificar o nível de estresse das aves nas diferentes condições ambientais.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em condições de campo com poedeiras da linhagem Dekalb White alojadas a partir de 17 semanas de idade, criadas em uma granja avícola comercial de ovos localizada em Bastos, município do estado de São Paulo, Brasil, nas coordenadas 21°55'19" de latitude sul e 50°44'02" de longitude oeste, estando a uma altitude de 445 metros. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima é Cwa, caracterizado por clima temperado úmido com verão quente e inverno seco.

No aviário climatizado (C), foram alojadas 61.060 aves. O galpão possuía 110,00 m de comprimento e 11,25 m de largura, sua estrutura era constituída de paredes de alvenaria nas laterais leste-oeste, cortinas de coloração azul na face norte-sul e telhado sem lanternim de zinco. O aviário possuía 14 exaustores em uma extremidade do galpão, *pad cooling* na extremidade oposta e sistema vertical de gaiolas, com 3 baterias de 6 andares e gaiolas em ambos os lados. Em cada gaiola, cujas dimensões eram de 72 cm de largura e 55 cm de profundidade, foram dispostas 12 aves (densidade de 330 cm<sup>2</sup>/ave/gaiola).

No aviário não climatizado (NC), cujas dimensões eram de 110,00 m de comprimento e 9,00 m de largura, foram alojadas 37.585 aves. A estrutura era

constituída de paredes de alvenaria e zinco nas laterais leste-oeste com cortinas nas faces norte-sul e telhado de zinco, sem lanternim. Possuía 2 baterias de 6 andares e gaiolas em ambos os lados. Uma bateria era composta por gaiolas de polietileno, cujas dimensões eram de 60 cm de largura e 53 cm de profundidade e foram dispostas 10 aves (densidade de 318 cm<sup>2</sup>/ave/ gaiola). A outra bateria era composta por gaiolas de arame, de 60 cm de largura e 60 cm de profundidade, com 10 aves (densidade de 360 cm<sup>2</sup>/ave/ gaiola).

## 2.1 Avaliação do ambiente térmico no interior das instalações

Os valores de temperatura de bulbo seco (TBS), umidade relativa (UR) e temperatura de globo negro (TGN) foram coletados por meio de 12 termohigrômetros HOB0<sup>®</sup> (Onset, Bourne, Massachusetts, EUA), instalados dentro dos aviários, em pontos equidistantes em todos os corredores dos galpões, como mostra a Figura 1.

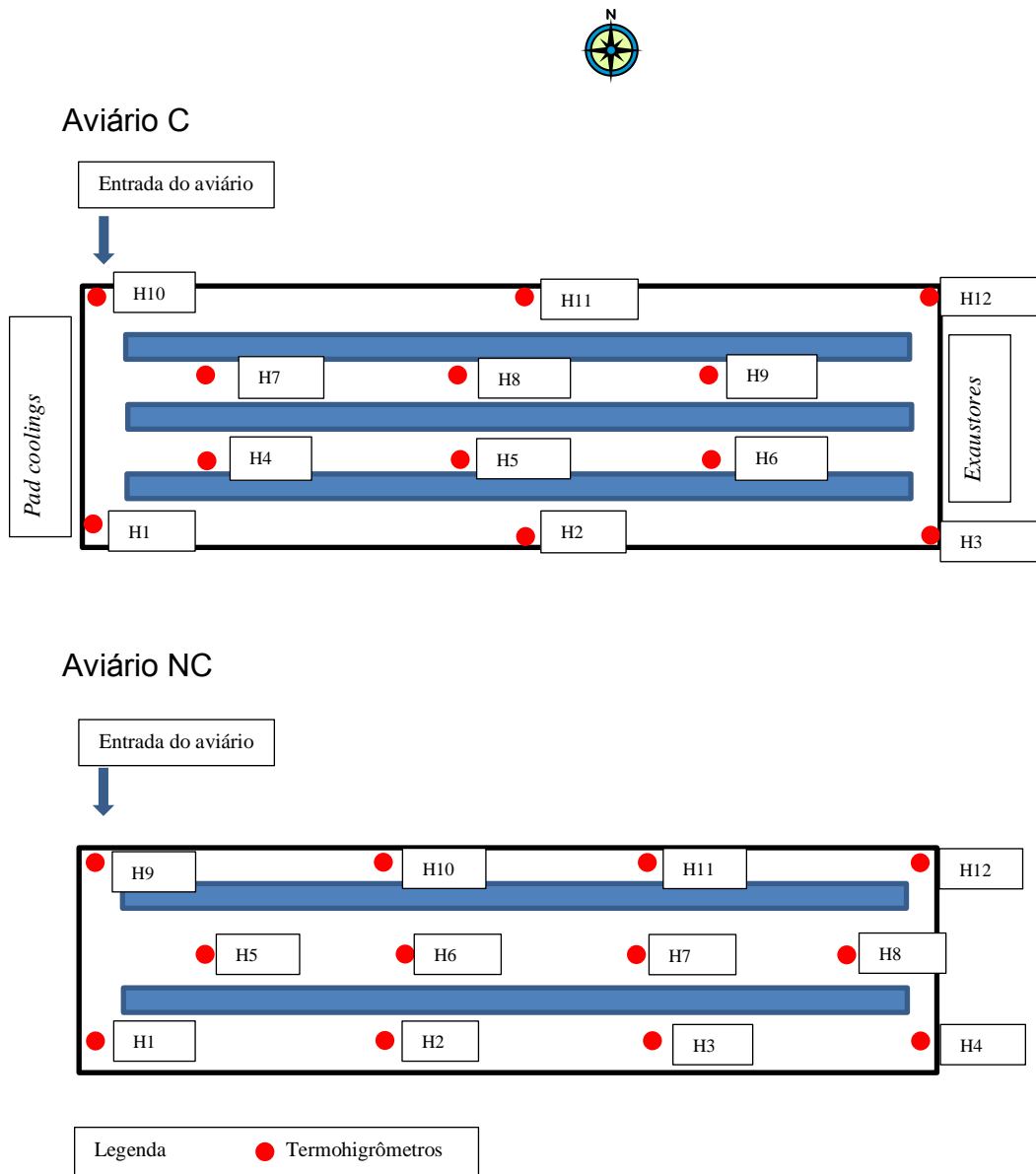
O Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) foi calculado a partir dos dados coletados, usando a Equação 1, proposta por Buffington et al. (1981):

$$ITGU = TGN + 0,36 * TPO - 330,08 \quad (\text{Equação 1})$$

onde: TGN é a temperatura de globo negro (K) e TPO é a temperatura do ponto de orvalho (K), calculado pela temperatura de bulbo seco e umidade relativa empregando equações psicrométricas.

Utilizaram-se os dados compreendidos entre o período de 01/04/2013 a 30/04/2014 e comparou-se pelo teste não paramétrico de Mann-Whitney a 5% de significância.

**Figura 1** - Localização dos termohigrômetros nos aviários.



## 2.2 Determinação dos parâmetros sanguíneos

Para a realização das análises hematológicas, foram colhidas amostras de sangue, através da punção da veia braquial de 15 aves em cada galpão a cada 28 dias, escolhidas aleatoriamente, em gaiolas distribuídas em todo o aviário, no período da manhã, para que pudessem ser processadas no mesmo dia. As análises foram realizadas no Laboratório de Patologia Avícola do Instituto Biológico de Bastos/SP.

As coletas de sangue foram realizadas no período de abril de 2013 a abril de 2014.

### **2.2.1 Determinação da glicose sanguínea**

O sangue coletado foi armazenado em tubos *eppendorfs* contendo uma gota de anticoagulante (citrato de sódio) para cada 3 mL de sangue.

As amostras de sangue foram centrifugadas por 15 minutos (5000 rpm à 4°C) utilizando-se microcentrifuga Novatecnica<sup>®</sup>, modelo NT805 (Novatécnica, Piracicaba, São Paulo, Brasil). O plasma foi retirado com micropipeta e armazenado em tubos tipo *eppendorf*, devidamente identificados e congelados a -20°C em freezer, para posteriores quantificações de concentração de glicose. Para dosagem de glicose plasmática foi utilizado o Kit Glicose PP (Gold Analisa, 1000 mL). As amostras foram preparadas e os cálculos realizados conforme especificações do fabricante. Foi feita uma leitura para cada ave no espectrofotômetro Biochron<sup>®</sup>, modelo Libra S22 (Biochron, Cambridge, Reino Unido), com comprimento de onda de 505nm.

Os dados foram submetidos ao teste de Mann-Whitney a 5% de significância.

### **2.2.2 Determinação da relação heterófilo:linfócito**

Para a confecção do esfregaço sanguíneo para a contagem diferencial de leucócitos, dezesseis lâminas com uma das extremidades com superfície áspera foram enumeradas de 1 a 15 com um lápis. Em seguida, foi utilizada uma pipeta para colher o sangue que estava no *eppendorf* e pipetou-se uma pequena quantidade de sangue do lado em que estava a identificação. Após essa etapa foi necessário pegar outra lâmina e limpá-la com um papel para que não houvesse contaminação. Essa lâmina extensora foi colocada à frente da gota e em seguida, arrastou-se um pouco para trás, aproximando-se da mesma, fazendo com que o sangue preenchesse toda a borda. Fez-se o esfregaço utilizando a lâmina em um ângulo aproximado de 45° levando a lâmina extensora na direção oposta à gota. Em

seguida, as lâminas foram armazenadas em temperatura ambiente para posterior leitura.

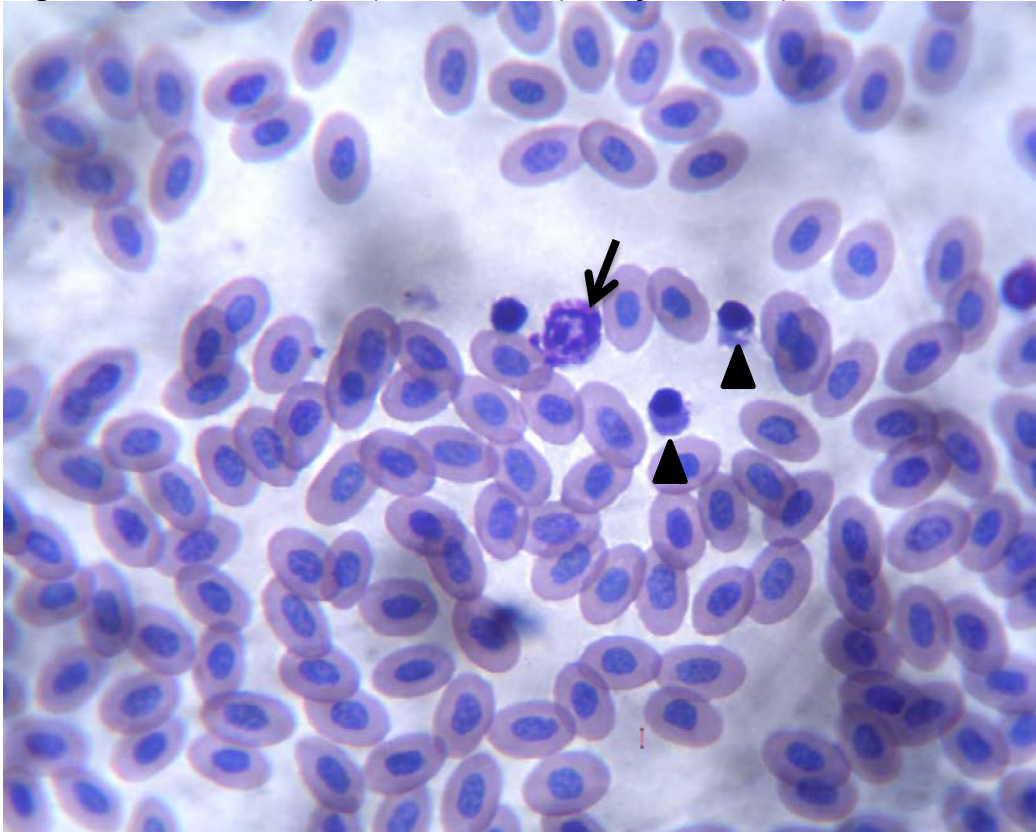
A determinação da relação heterófilo:linfócito foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Nakage (2007).

Para contagem diferencial de leucócitos, os esfregaços sanguíneos foram corados individualmente com Rosenfeld modificado (0,97g Giemsa + 054g MayGrunwald + 1L Metanol + 0,5g Wright). As lâminas foram colocadas em placas de petri e em seguida, coradas segundo o Método de May-Grunwald-Giemsa, padronizado por Rosenfeld, onde foram gotejadas 15 gotas do corante de Rosenfeld. Após 5 minutos, adicionaram-se 15 gotas de água destilada sobre as lâminas e aguardaram-se mais 10 minutos. Em seguida, as lâminas foram lavadas em água corrente e secas ao ar.

Com o auxílio da câmera Moticom 5<sup>®</sup> (Motic Asia, Hong Kong, China) acoplada ao microscópio de luz binocular Jenaval<sup>®</sup> (Carl Zeiss AG, Jena, Alemanha) no aumento de 100x, foram contados 100 leucócitos de cada esfregaço sanguíneo, diferenciando-se os linfócitos e heterófilos (Figura 2) e determinou-se a relação heterófilo:linfócito, dividindo-se o número de heterófilos encontrados pelo número de linfócitos (GONZALES et al., 2003).

Os dados foram submetidos ao teste de Mann-Whitney a 5% de significância.

**Figura 2** - Heterófilo (seta) e linfócitos (cabeça de seta)



Fonte: Do próprio autor.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

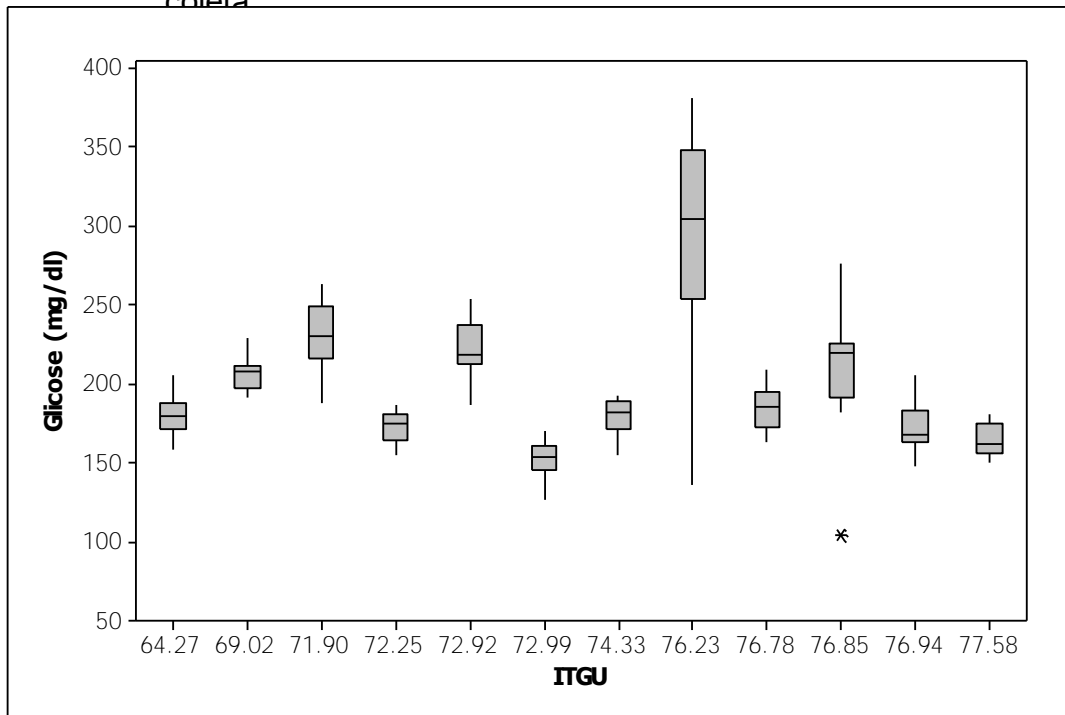
#### 3.1 Análise da concentração de glicose sanguínea

Nos dias de coleta de sangue, não houve diferença ( $p > 0,05$ ) entre os valores de ITGU de ambos os galpões no período da manhã.

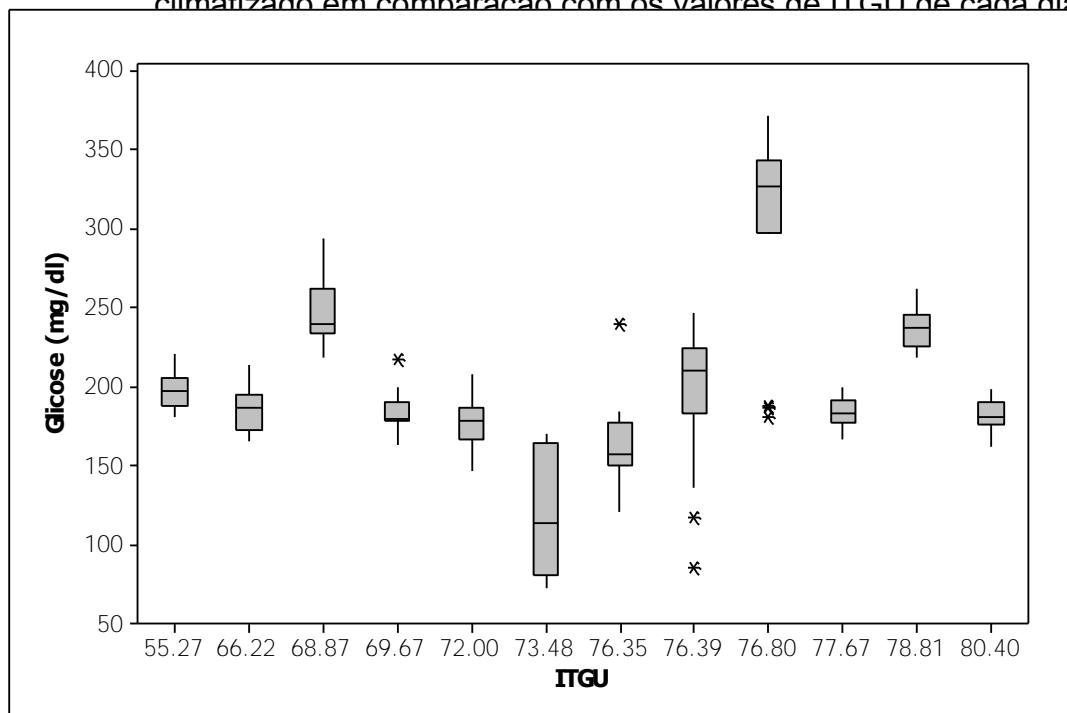
Não houve diferença ( $p > 0,05$ ) na concentração de glicose entre os galpões, sendo observados os valores de  $198,09 \pm 44,95$  para o galpão climatizado e  $198,14 \pm 53,42$  para o galpão não climatizado.

Não foi possível observar nenhuma associação do aumento de concentração de glicose com os índices de conforto térmico medidos (Figuras 3 e 4).

**Figura 3** - Gráfico *boxplot* da concentração de glicose para as aves do galpão climatizado em comparação com os valores de ITGU de cada dia de coleta



**Figura 4** - Gráfico *boxplot* da concentração de glicose para as aves do galpão não climatizado em comparação com os valores de ITGU de cada dia de coleta.



As concentrações de glicose sanguínea de ambos os galpões apresentaram comportamento semelhante, com maior variação individual e *outliers* no aviário não climatizado. Não houve diferença ( $p > 0,05$ ) entre os resultados em nenhum dos dias

coletados. Além disso, as concentrações variaram entre 104 a 381 mg/dL, bem abaixo dos valores considerados em situações estressantes, que seriam acima de 594 mg/dL, de acordo com Lumeji (2008).

Os resultados obtidos corroboram com Borges et al. (2004), que ao estudarem os efeitos do estresse calórico agudo sobre os parâmetros sanguíneos em frangos de corte, não verificaram diferenças significativas na glicose plasmática, embora tenha se aproximado da significância estatística. Lin et al. (2007) estudaram o efeito do estresse térmico em poedeiras, expondo-as à temperatura de 32°C durante 21 dias, sobre os níveis plasmáticos de glicose, mensurando antes da exposição, ao 1º dia, 7, 14 e 21 dias após a exposição e não verificaram diferenças significativas.

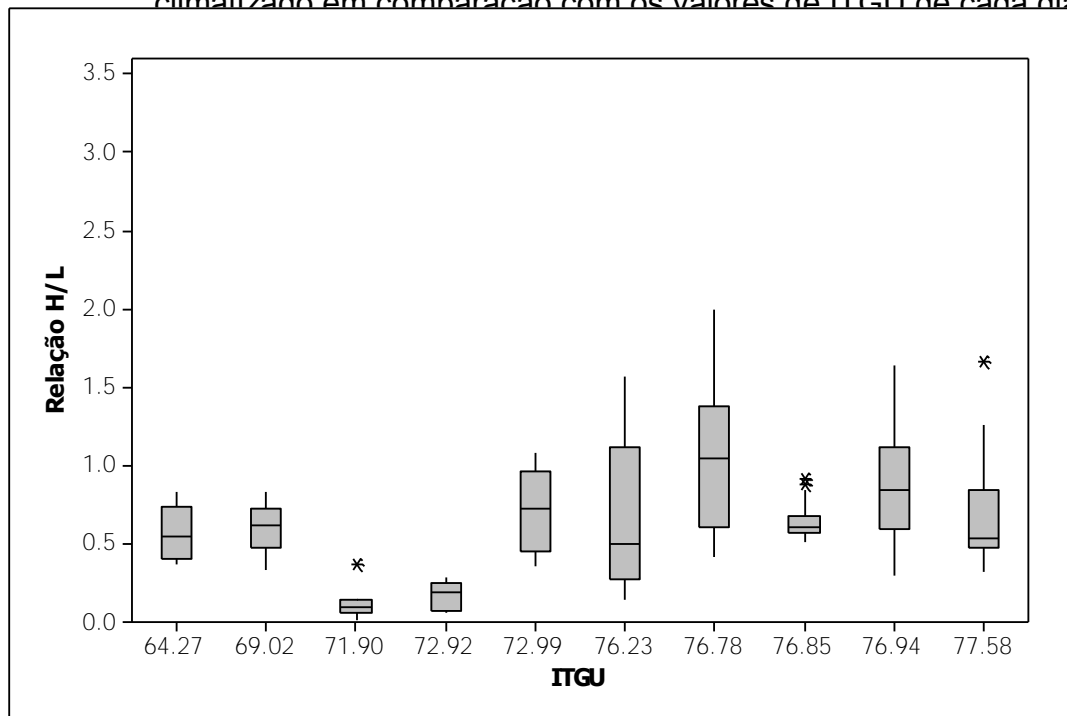
Os resultados divergem dos encontrados por Borges (2001), que ao estudar os efeitos do estresse calórico agudo sobre os parâmetros hematológicos em frangos de corte, observou aumento significativo dos níveis de glicose do grupo sob condições de estresse em relação ao grupo em condições termoneutras. Garriga et al. (2006) avaliaram parâmetros sanguíneos de frangos de corte mantidos por duas semanas em condições de termoneutralidade (20°C e umidade relativa 50%) e em estresse calórico (30°C, umidade relativa 70%), com ração *ad libitum* e observaram que o segundo grupo apresentou elevação significativa de glicose plasmática. Star et al (2008) observaram que aves submetidas a estresse calórico (32°C) tiveram níveis de glicose significativamente maiores que as aves em temperatura termoneutra (21°C) 22 dias após o início da exposição ao calor.

Embora não esteja relacionado ao estresse térmico, mas ao estresse de ambiente físico e social, Nicol et al. (2009) alojaram 60 poedeiras sequencialmente em três ambientes (A, B e C) e compararam três conjuntos (A *versus* B; B *versus* C; A *versus* C), durante um período de 40 semanas. Durante cada comparação, registraram mais de 100 respostas dentre comportamentais, físicas e fisiológicas, analisaram as escolhas ambientais entre todos os pares e observaram que os níveis de glicose foram menores quando as aves escolheram o melhor ambiente para elas.

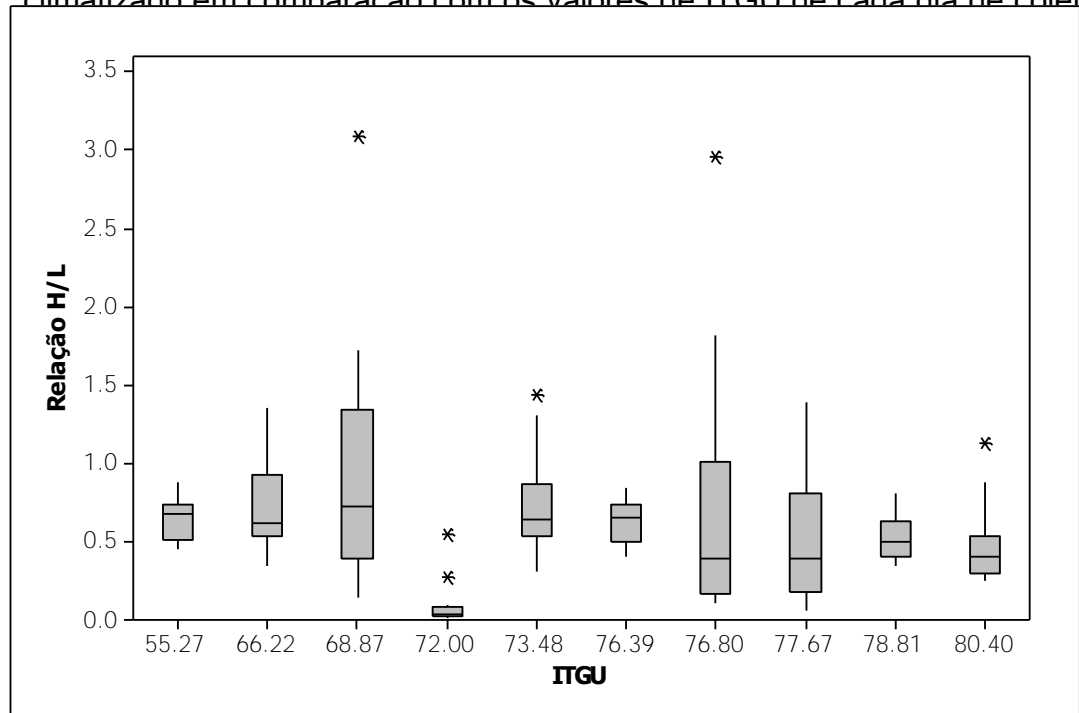
### 3.2 Análise da relação heterófilo:linfócito

Não houve diferença ( $p>0,05$ ) na relação heterófilo:linfócito entre os galpões, sendo observados os valores de  $0,61\pm 0,38$  para o galpão climatizado e  $0,60\pm 0,46$  para o galpão não climatizado. As Figuras 5 e 6 apresentam os valores da relação heterófilo:linfócito em relação ao ITGU nos dias de coleta de sangue.

**Figura 5** - Gráfico *boxplot* da relação heterófilo:linfócito para as aves do galpão climatizado em comparação com os valores de ITGU de cada dia de coleta.



**Figura 6** - Gráfico *boxplot* da relação heterófilo:linfócito para as aves do galpão não climatizado em comparação com os valores de ITGU de cada dia de coleta



Os resultados divergem de Borges et al. (2004), Prieto e Campo (2010) e Soleimani et al. (2011) que observaram aumento significativo na relação H/L de aves submetidas ao estresse calórico.

É possível que não tenha ocorrido diferença tanto para os níveis de glicose como para a relação H/L porque as aves do galpão não climatizado já estavam aclimatadas ao calor, uma vez que a aclimação ocorre em um período de 4 a 7 dias de exposição a altas temperaturas (YAHAV, 2009). Laganá et al. (2007) verificaram a concentração de glicose e a relação H/L, em frangos de corte submetidos ao estresse por calor e alimentação *ad libitum* de 21 a 42 dias de idade, quando foram determinados os valores de glicose sanguínea, heterófilos e linfócitos. Não houve aumento da glicose com o estresse térmico em relação ao grupo controle e a relação H/L esteve próxima aos valores considerados normais de 0,5, de acordo com Macari e Luqueti (2002) e os autores atribuíram o efeito da aclimação sobre as aves.

A coleta de sangue foi realizada no período da manhã e não se observou diferenças entre os valores de ITGU. Isso pode ter influenciado no resultado obtido para concentração de glicose sanguínea, uma vez que ela é utilizada como indicador em caso de estresse agudo ou crônico. Não houve coletas de sangue em dias que

houve queda do fornecimento de energia elétrica, nem no período da tarde, quando se verificou diferenças significativas nos valores de ITGU entre os galpões.

O estresse social e hierárquico entre as aves pode afetar a relação H/L, pois tanto no aviário climatizado como no não climatizado, elas estavam alojadas em grupos de 12 e 10 aves por gaiola, respectivamente. Moe et al. (2010), verificaram que grupos de 8 aves apresentaram aumento significativo da relação H/L quando comparados com grupos de 3 aves por gaiola.

Gross e Siegel (1983) sugerem que a idade, agentes infecciosos, a presença de pessoas e a relação entre aves e humanos nos galpões também interferem na relação H/L. Uma infestação maciça por ectoparasitas nas aves presente durante quase todo o período da pesquisa e a coleta realizada por pessoas estranhas ao convívio das aves podem ter influenciado nos resultados.

## 4 CONCLUSÕES

Não houve correlação entre concentração de glicose e o ambiente térmico.

Não houve correlação entre relação heterófilo:linfócito e o ambiente térmico.

A coleta de sangue deveria ter sido realizada no período da tarde, quando houve diferenças no ITGU de ambos os galpões e sempre das mesmas aves, para anular o efeito da variabilidade individual.

## REFERÊNCIAS

BORGES, S. A. **Suplementação de cloreto de potássio e bicarbonato de sódio para frangos de corte durante o verão.** 1997. 84 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1997.

BORGES, S. A. **Balço eletrolítico e sua interrelação com o equilíbrio ácido-base em frangos de corte submetidos a estresse calórico.** 2001. 97 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

BORGES, S. A.; MAIORKA, A.; SILVA, A. V. F. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 5, p. 975-981, set/out, 2003.

BORGES, S. A.; SILVA, A. V. F.; MAIORKA, A.; HOOGE, D. M.; CUMMINGS, K. R. Physiological responses of broiler chickens to heat stress and dietary electrolyte balance (sodium plus potassium minus chloride, milliequivalents per kilogram). **Poultry Science**, Champaign, v. 83, p. 1551-1558, 2004.

BUFFINGTON, C. S.; COLLIER, R. I.; CANTON, G. H. Shade management system heat stress for dairy cows in hot, humid climates. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 26, n. 6, p. 1798-1802, 1981.

CRAIG, J. V.; CRAIG, J. A.; VARGAS VARGAS, J. Corticosteroids and other indicators of hens' well-being in four laying-house environments. **Poultry Science**, Champaign, v. 65, p. 856-863, 1986.

FURLAN, R. L.; MACARI, M. Termorregulação. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. p. 209-230.

GARRIGA, C.; HUNTER, R. R.; AMAT, C.; PLANAS, J. M.; MITCHELL, M. A.; MORETÓ, M. Heat stress increases apical glucose transport in the chicken jejunum. **American Journal of Physiology – Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, Bethesda, v. 290, p.R195-R201, 2006.

GONZALES, E. et al. Performance and physiological parameters of broiler chickens subjected to fasting on the neonatal period. **Poultry Science**, Champaign, v. 82, p. 1250-1256, 2003.

GROSS, W. B.; SIEGEL, H. S. Evaluation of heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. **Avian Diseases**, Jacksonville, v. 27, n. 4, p. 972-979, oct./dec., 1983.

LAGANÁ, C.; RIBEIRO, A. M., L.; GONZÁLEZ, F. H. D.; LACERDA, L. A.; KRATZ, L. R.; BARBOSA, P. R. Níveis dietéticos de proteína e gordura e parâmetros bioquímicos, hematológicos e empenamento em frangos de corte estressados pelo calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, n. 6, p. 1783-1790, 2007.

LIN, H.; JIAO, H. C.; BUYSE, J.; DECUYPERE, E. Strategies for preventing heat stress in poultry. **World's Poultry Science Journal**, Ithaca, v. 62, p. 71-85, mar. 2006.

LIN, H.; DE VOS, D.; DECUYPERE, E.; BUYSE, J. Dynamic changes in parameters of redox balance after mild heat stress in aged laying hens (*Gallus gallus domesticus*). **Comparative Biochemistry and Physiology**, Cambridge, Part C 147, p.30-35, 2007.

LUMEJI, J. T. Avian clinical biochemistry. In: KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. Oxford: Elsevier Academic Press, 2008. p. 839-872.

MACARI, M.; LUQUETTI, B. C. Fisiologia cardiovascular. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. p. 17-35.

MASHALY, M. M.; HENDRICKS, G. L.; KALAMA, M. A.; GEHAD, A. E.; ABBAS, A. O.; PATTERSON, P. H. Effect of heat stress on production parameters and immune responses of commercial laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 83, p. 889-894, 2004.

MAXWELL, M. H. Avian blood leucocyte responses to stress. **World's Poultry Science Journal**, Ithaca, v. 49, p. 34-43, 1993.

MUMMA, J. O.; THAXTON, J. P.; VIZZIER-THAXON, Y.; DODSON, W. L. Physiological stress in laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 85, p. 761-769, 2006.

MOE, R. O.; GUÉMÉNÉ, D.; BAKKEN, M.; LARSEN, H. J. S.; SHINI, S.; LERVIK, S.; SKJERVE, E.; MICHEL, V.; TAUSON, R. Effects of housing conditions during the rearing and laying period on adrenal reactivity, immune response and heterophil to lymphocyte (H/L) ratios in laying hens. **Animal**, Cambridge, v. 4, n. 10, p.1709-1715, 2010.

NAKAGE, E. S. **Respostas fisiológicas de pintos submetidos a diferentes períodos de jejum: parâmetros hematológicos e intestinais**. 2007. 100 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

NICOL, C. J.; CAPLEN, G.; EDGAR, J.; BROWNE, W. J. Associations between welfare indicators and environmental choice in laying hens. **Animal Behaviour**, Cambridge, v. 78, p. 413-424, 2009.

PRIETO, M. T.; CAMPO, J. L. Effect of heat and several additives related to stress levels on fluctuating asymmetry, heterophil:lymphocyte ratio, and tonic immobility duration in White Leghorn chicks. **Poultry Science**, Champaign, v. 89, p. 2071-2077, 2010.

SHINI, S.; KAISE, P.; SHINI, A.; BRYDEN, W. L. Differential alterations in ultrastructural morphology of chicken heterophils and lymphocytes induced by corticosterone and lipopolysaccharide. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, Cambridge, v. 122, p. 83-93, 2008.

SIEGEL, H. S. Physiological stress in birds. **BioScience**, Oxford, v. 30, n. 8, p. 529-534, aug., 1980.

SOLEIMANI, A. F.; ZULKIFLI, I.; OMAR, A. R.; RAHA, A. R. Physiological responses of 3 chicken breeds to acute heat stress. **Poultry Science**, Champaign, v. 90, p. 1435-1440, 2011.

STAR, L.; DECUYPERE, E.; PARMENTIER, H. K.; KEMP, B. Effect of single combined climatic and hygienic stress in four layer lines: 2. Endocrine and oxidative stress responses. **Poultry Science**, Champaign, v. 87, p. 1031-1038, 2008.

THAXTON, J. P. Welfare of the laying hen. **Poultry Science**, Champaign, v. 27, p. 81-95, 2004.

YAHAV, S.; STRASCHNOW, A.; LUGER, D.; SHINDER, D.; TANNY, J; COHEN, S. Ventilation, sensible heat loss, broiler energy, and water balance under harsh environmental conditions. **Poultry Science**, Champaign, v. 83, p. 253-258, 2004.

YAHAV, S. Alleviating heat stress in domestic fowl: different strategies. **World's Poultry Science Journal**, Ithaca, v. 65, p. 719-732, dec. 2009.

## CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de climatização proporciona melhor retorno financeiro em comparação ao galpão não climatizado, quando não ocorrem falhas no fornecimento de energia elétrica.

O sistema de climatização foi eficaz no controle do ambiente térmico, pois reduziu a temperatura no aviário climatizado nas estações mais quentes (primavera e verão) e aumentou nas épocas mais frias (outono e inverno).

As temperaturas de cristas e áreas empenadas das aves do galpão climatizado foram menores em relação às do não climatizado, comprovando a eficiência do sistema de climatização.

O sistema de climatização minimizou as variações de temperatura entre corredores e andares de gaiolas.

O uso de forros minimiza a radiação térmica que incide do telhado sobre as aves.

O galpão climatizado proporcionou um ambiente térmico mais adequado às aves, favorecendo o bem-estar das mesmas, resultando em melhor produtividade, com maior índice de ovos por ave alojada e melhor qualidade de ovos, com maior tamanho de ovo e melhor qualidade externa de ovos em relação às aves do galpão não climatizado.

O dimensionamento incorreto de transformadores e motores para o sistema de climatização e a falta de gerador de energia elétrica em caso de falhas no fornecimento de energia elétrica causaram o não funcionamento dos exaustores e elevação da temperatura ambiente do galpão, aumentando a mortalidade de aves em níveis acima dos padrões da linhagem.

Não houve correlação entre concentração de glicose sanguínea e o ambiente térmico.

Não houve correlação entre relação heterófilo:linfócito e o ambiente térmico.